AUS DER III. MEDIZINISCHEN KLINIK DES
RUDOLF-VIRCHOW-KRANKENHAUSES
(Leiter: Prof. Dr. med. H. Hochrein)
Augustenburger Platz 1,
1000 Berlin 65

KOMPLIKATIONEN BEIM ZENTRALEN VENENKATHETERISMUS AUF EINER INTERNISTISCHEN INTENSIVPFLEGESTATION

(Prospektive Studie bei 779 Katheterisierungen)

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans Wilhelm Wechsel
aus Hamburg

1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549619_0015

AUS DER III. MEDIZINISCHEN KLINIK DES
RUDOLF-VIRCHOW-KRANKENHAUSES
(Leiter: Prof. Dr. med. H. Hochrein)
Augustenburger Platz 1,
1000 Berlin 65

KOMPLIKATIONEN BEIM ZENTRALEN VENENKATHETERISMUS AUF EINER INTERNISTISCHEN INTENSIVPFLEGESTATION
(Prospektive Studie bei 779 Katheterisierungen)

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans Wilhelm Wechsel
aus Hamburg

Referent: Prof. Dr. med. H.-U. Lehmann

Koreferent: Prof. Dr. med. H. Heidrich

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 04.12.1985

Meinen Eltern

INHALT

		SEITE
Verwendete Abkürzungen		6
I.	Einleitung	7
II.	Sondenkomplikationen - ein Literaturüberblick	10
	1. Punktionskomplikationen	10
	1.1. Fehlpunktionen	11
	1.2. Pneumothorax	12
	1.3. Andere	13
	2. Fehlpositionierung	15
	2.1. Zu lang einliegender Katheter und Aberration	17
	2.2. Zu kurz einliegender Katheter	19
	2.3. Schlingenbildung	20
	2.4. Andere	20
	3. Lagekomplikationen	21
	3.1. Asymptomatische Keimbesiedelung	21
	3.2. Entzündlich-venöse Reaktion	27
	3.3. Sepsis	31
	3.4. Thrombose	33
	3.5. Andere Lagekomplikationen	38
III.	Methodik, Patienten und Katheter	39
	1. Methodik	39
	1.1. Untersuchungen	39
	1.1.1. Klinische Untersuchung	39
	1.1.2. Mikrobiologische Untersuchung	41
	1.1.3. Radiologische Untersuchung	41
	1.1.4. Elektrokardiologische Untersuchung	41
	1.2. Statistisches Verfahren	43
	1.2.1. Deskriptives Verfahren	43
	1.2.2. Arithmetisches Mittel	43
	1.2.3. Statistischer Test	43

SEITE

2. Patienten und Katheter 46
2.1. Patienten 46
2.2. Katheter 47
IV. Eigene Ergebnisse und kurze Interpretation 48
1. Voraussetzungen 48
1.1. Katheter 48
1.1.1. Verwendete Kathetermodelle 48
1.1.2. Elastizität der Katheter 51
1.2. Punktionsstellen 53
1.3. Hygienische Maßnahmen bei der Punktion 54
1.4. Altersverteilung der Patienten 55
2. Katheterverteilung 56
2.1. Modellverteilung 56
2.2. Katheterzahl pro Patient 57
2.3. Intravasale Verweildauer der verschiedenen Kathetermodelle 58
3. Komplikationen 60
3.1. Punktionskomplikationen 60
3.1.1. Fehlpunktionen 60
3.1.2. Pneumothorax 62
3.1.3. Andere 62
3.2. Fehlpositionierung des Katheters 63
3.2.1. Fehllagen zu lang und Aberrationen 63
3.2.2. Fehllagen zu kurz 65
3.2.3. Schlingenbildung 66
3.2.4. Andere 66
3.3. Lagekomplikationen 67
3.3.1. Asymptomatische Keimbesiedelung 67
3.3.1.1. Zahl der Katheter pro Patient 67
3.3.1.2. Materialabhängigkeit 69
3.3.1.3. Intravasale Verweildauer der Katheter 70

Seite

3.3.1.4. Geschlecht der Patienten 72
3.3.1.5. Alter der Patienten 73
3.3.1.6. Grunderkrankungen der Patienten 73
3.3.1.7. Keimarten 74
3.3.2. Entzündlich-venöse Reaktionen 75
3.3.2.1. Zahl der Katheter pro Patient 76
3.3.2.2. Materialabhängigkeit 77
3.3.2.3. Intravasale Verweildauer der Katheter 78
3.3.2.4. Geschlecht und Gewicht der Patienten 79
3.3.2.5. Alter der Patienten 80
3.3.2.6. Keimverteilung 81
3.3.3. Sepsis 82
3.3.4. Thrombose 82
3.3.5. Andere 82

V. Zusammenfassender Vergleich der IPS- und NAW-Katheter 84

VI. Diskussion 86
1. Katheterung der V. basilica 86
2. Katheterung der V. subclavia/anonyma 88
3. Katheterung der V. jugularis interna 90
4. Asymptomatische Keimbesiedelung 92

VII. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und daraus resultierende Empfehlungen 93

VIII. Bibliographie 97

IX. Anhang: Tabellarium der ermittelten Zahlen mit Berechnung der Signifikanz 109

Danksagung 114

Lebenslauf 115

Verwendete Abkürzungen:

A.	- Arteria
AJ30	- Alpha J 30
cfc	- Cava-fix certo
cfc-S	- Cava-fix certo nach der Seldinger Technik
int.	- interna
jug.	- jugularis
M.	- Morbus
Pak	- Pulmonalarterienkatheter
PE	- Polyäthylen
pos.	- positiv(e)
PUR	- Polyurethan
S.	- Staphylokokkus
Si	- Silikon
SiPE	- silikonisiertes Polyäthylenkompound
SM-Sonde	- Schrittmachersonde
V.	- Vena
vs.	- versus

Zeichen:

<	kleiner, unter
>	größer, über

I. Einleitung

Durch die Einführung neuer Kathetermaterialien empfiehlt sich eine regelmäßige Überprüfung möglicher Nebenwirkungen und Komplikationen des zentralvenösen Katheterismus. Die genaue Kenntnis iatrogen verursachter Folgeschäden hat deshalb eine bedeutende klinische Relevanz, weil der zentrale Venenkatheterismus heute zu den Routinemaßnahmen der Diagnostik und Therapie auf Intensiv- und Wachstationen zählt.

Eine weitere Intention der vorliegenden Arbeit war die Überprüfung der in der Literatur zum Teil recht divergierenden Komplikationsraten beim zentralen Venenkatheterismus.
Auch die Fragestellung nach den besonderen Bedingungen für das Auftreten von Komplikationen war von kausalem Interesse.

Geschichtlich läßt sich die Sondierung des oberen Hohlvenensystems bzw. deren theoretische Erörterung über mehrere Jahrhunderte zurückverfolgen. Noch 1873 wurden Vorschläge diskutiert, verletzte Soldaten mit zentralvenösverabreichtem Tierblut zu versorgen (BAUER in 44).

Die ersten ernsthaften Versuche, das obere Hohlvenensystem von der Peripherie aus zu erreichen, gehen auf FORSSMANN (25) im Jahre 1929 zurück. Er wollte die zu dieser Zeit überwiegend praktizierte Methode der intrakardialen Injektion durch ein praktikableres und weniger komplikationsreiches Verfahren ersetzen.
Nach Versuchen an Leichen demonstrierte FORSSMANN dann die Möglichkeit einer zentralen Venensondierung im Selbstversuch. Dazu führte er nach Venae sectio seiner linken V. basilica einen mit Öl gleitfähig gemachten Ureterenkatheter (4 Charrière) bis in seinen rechten Herzvorhof

ein.

Bis in die vierziger Jahre wurde dieses Verfahren als zu gefährlich angesehen und daher kaum praktiziert. Speziell in den Vereinigten Staaten von Amerika wurde es erneut aufgegriffen und bis zum heutigen Venenkatheterismus verfeinert.
So empfahlen 1945 MEYERS (43) und ZIMMERMANN (83) den zentralen Venenkatheterismus als eine Möglichkeit zur parenteralen Ernährung von Kindern.

OPDERBECKE und BARDACHZI (62, S.204) traten in der deutschsprachigen Literatur für die 'Verwendung eines "Kava-Katheters" bei langdauernder Infusionsbehandlung' ein. Nach ihnen haben Venensondierungen nach 5 Grundsätzen zu erfolgen:

"1. Ausschließlich Benutzung von Venen der oberen Extremität,
2. Wenn möglich Vermeiden einer Venae sectio und Einführung des Katheters durch eine großkalibrige Kanüle,
3. Streng steriles Arbeiten und im weiteren Verlauf sorgfältige Überwachung der Einstichstelle und des Venenverlaufes. Entfernung des Katheters bei der geringsten entzündlichen Reizung,
4. Antibiotische Schutztherapie für die Dauer der Infusionsbehandlung,
5. Röntgenologische Lagekontrolle des eingeführten Katheters."

Bis auf die Forderung nach der antibiotischen Prophylaxe, für die es heute keine ausreichende Berechtigung zu geben scheint, haben diese Grundsätze immer noch unverändert Gültigkeit (8,9)

Die große Verbreitung des zentralen Venenkatheterismus zu Zwecken der Diagnostik und Infusionstherapie ist sicher

auch eine Folge verbesserter Kathetermaterialien.
Vom Gummikatheter FORSSMANNs führte der Weg über Kunststoffe wie PVC und Teflon zu den heutigen Materialien wie silikonisiertem Polyäthylenkompound oder Polyurethan.

Mit der Verbesserung der Kunststoffe und mit der Einführung neuerer Punktionssets ändern sich sicherlich auch die Komplikationen und deren Häufigkeiten. Somit empfiehlt sich ein regelmäßiger Vergleich der Kathetermodelle und der damit veränderten Komplikationsraten.

II. Sondenkomplikationen - ein Literaturüberblick

1. Punktionskomplikationen

Zu dieser Gruppe der Komplikationen des zentralen Venenkatheterismus können in erster Linie die Fehlpunktionen, der iatrogene Pneumothorax und die arterielle Fehlpunktion gerechnet werden.

Beeinflußt werden die Punktionskomplikationen im besonderen von der Punktionstechnik. Prinzipiell stehen zwei Techniken zur Verfügung: zum einen die direkte, zum anderen die indirekte Punktionsmethode. Eine Modifikation der indirekten Technik ist die Punktion nach Seldinger.

Bei der direkten Punktion wird die Vene mit einer Stahlhohlnadel punktiert. Durch diese wird der Katheter vorgeschoben. Nach Plazierung des Katheters wird die Kanüle am Katheter zurückgezogen und fixiert.
Eine Modifikation besteht darin, daß mit einer kunststoffummantelten Kanüle punktiert wird. Nach Entfernung der Stahlnadel wird durch die liegende Kunststoffkanüle der Katheter eingelegt. Dann wird die Kunststoffkanüle am Katheter zurückgezogen und fixiert.

Bei der indirekten Punktion wird zuerst durch die Punktionskanüle eine Führungssonde eingebracht. Nach Entfernung der Kanüle wird der Katheter über den liegenden Mandrin vorgeschoben. Danach wird die Führungssonde entfernt.

Vorteil dieser Methode ist die Verwendung kleinerer Kanülen, da diese nur den Außendurchmesser des Katheters erreichen müssen. Bei der direkten Punktion hingegen muß der Innendurchmesser der Punktionskanüle dem Außendurchmesser des Katheters entsprechen (58,59).

Bei der Seldinger-Technik wird nach Einbringen des Mandrins ein Dilatator aus Kunststoff in die Vene vorgeschoben. Auf diesem Dilatator liegt eine großkalibrige Kanüle, durch die nach Entfernung des Mandrins und Dilatators der Katheter eingebracht wird. Im Gegensatz zur direkten Punktionstechnik verbleibt bei der Seldinger-Methode die Kunststoffkanüle intravasal (36).

Ein weiterer die Punktionskomplikationsfrequenz beeinflussender Faktor ist die Wahl der Punktionsstelle.
Je geringlumiger das punktierte Gefäß ist, desto geringer ist die Trefferquote. Periphere Venen lassen sich besser als zentrale punktieren, da hier unter Sicht gearbeitet werden kann (56,61).

1.1. Fehlpunktionen

Angaben über die Häufigkeit von Fehlpunktionen oder nicht gelungenen Katheterisierungen finden sich in der vorliegenden Literatur nur selten.
Dabei sind "ad hoc" gelungene Punktionen in nur 3 von 4 Fällen beschrieben worden (22).

Die Quote nicht gelungener Punktionen liegt je nach Punktionsort unterschiedlich. BURRI und AHNEFELD (8) geben Durchschnittswerte aus der Literatur und eigene an (Tab.1).

Tab.1: Punktionen nicht möglich in % (zusammengestellt aus (8))

Punktionsort	Literatur		BURRI und AHNEFELD	
	n	%	n	%
V. basilica	8058	4,07	1776	14,1
V. subclavia	20451	6,18	1098	27,8
V. jugularis interna	10013	1,76		

Damit ist noch nichts über die Rate der nicht gelungenen Katheterungen gesagt. Diese wird von EEROLA et al. (22) mit 7,5 % angegeben (Tab.2).

Eine Untersuchung mit der Fragestellung nach den Ursachen von mißlungenen Punktionen und Katheterungen scheint also durchaus berechtigt.

Tab.2: Zahl der gelungenen Katheterungen (EEROLA et al. (22))

Katheterung gelungen bei	Prozent der Fälle
der ersten Punktion	73,5
der zweiten Punktion	10,0
der dritten Punktion	1,5
Wechsel der Punktionsstelle	7,5
Nichtgelungene Katheterung	7,5

1.2. Pneumothorax

Der Pneumothorax wird in erster Linie als eine Komplikation bei Punktion der V. subclavia/anonyma, eventuell auch der V. jugularis interna in Betracht kommen. Demgegenüber ist bei Wahl einer peripheren Zugangsstelle eine Pleuraverletzung naturgemäß ausgeschlossen, so daß dieser Zugang besonders für den Ungeübten als erster in Betracht kommt.

Von Bedeutung ist auch das Alter des Patienten. Dies hängt mit dem in fortgeschrittenen Lebensdekaden gehäuft auftretenden Emphysemthorax zusammen, der eher die Gefahr eines iatrogenen Pneumothorax birgt.

Der in den Sammelstatistiken angegebene Wert für das Auftreten eines Pneumothorax liegt bei Punktion der V. subclavia bei 1,08 %, bei Punktion der V. jugularis interna bei 0,05 % (8).

Diese Differenz ist schon aus der längeren Wegstrecke von der Punktionsstelle der V. jugularis interna zur Pleurakuppel gegenüber der kurzen Strecke von der V. subclavia erklärbar. Mit zunehmender Wegstrecke sinkt auch das Verletzungsrisiko für die Pleura.

Dabei schwanken aber die Angaben zur Häufigkeit des iatrogenen Pneumothorax erheblich, von 0 % bis über 3 % im Bereich der V. subclavia, was sich sicherlich zu einem guten Teil auf die Erfahrung des punktierenden Arztes zurückführen läßt (9).

1.3. Andere

Das Auftreten arterieller Fehlpunktionen hängt ebenfalls vom Punktionsort ab.
Bei der Basilica-Punktion sind nach BURRI und AHNEFELD (8) keine arteriellen Fehlpunktionen zu befürchten, wohl aber bei 1,39 % der Subclavia-Punktionen, bezogen auf 20451 Fälle aus der Literatur (8). Die Jugularis-interna-Punktion hat eine arterielle Fehlpunktionsrate von 0,51 % (n=10013) (8).

Die arteriellen Fehlpunktionen werden in der Literatur mit einer Schwankungsbreite zwischen 0,8 % bis 4,5 % angegeben (9,22,79). Auch hier dürfte die Erfahrung des punktierenden Arztes in die unmittelbare Erfolgsquote eingehen.

Andere Komplikationen bei der Punktion sind selten, in ihren Auswirkungen aber umso schwerer zu beherrschen. So wurden in Einzelfällen Hämatothoraci oder gar pleurale Infusionen beschrieben (9,14,46).

Paravenöse Infusionen treten in 3 % der Fälle auf (22), bei UVAROV et al. (79) sogar in 10,3 % der Fälle.

Bei negativem Druckgradienten zwischen dem athmosphärischen und dem intravasalen Gefäßdruck kann eine Luftembolie mit einer Häufigkeit von 0,2 bis 0,4 % der Fälle auftreten (46,50,66,69,79).
Luftembolien können weitgehend vermieden werden, wenn die Punktion in Kopftieflage erfolgt (46).

2. Fehlpositionierung

Fehlpositionierungen gehören zu den häufigsten Komplikationen beim zentralvenösen Katheterismus (20,37).
Unter dieser Komplikation sind in erster Linie Katheterfehllagen wie zu lang, zu kurz oder Schlingenbildung des Katheters zu verstehen, ebenso Fehlpositionierungen der Katheterspitze in herzferne Venen (Aberration).

Der Katheter liegt korrekt, wenn die Katheterspitze in der V. cava superior liegt und der Katheter in seinem Verlauf keine Schlingen aufweist. Rechtsatriale Positionierungen der Katheterspitze sind aus Gründen der hier gesteigert auftretenden Risiken zu vermeiden (20).

Nach DU MESNIL DE ROCHEMONT et al. (47) ist eine korrekte Katheterlage wahrscheinlich:
bei glattem und mühelosem Vorschieben des Katheters,
bei Blutaspiration in adäquater Menge,
bei puls- und respirationssynchronen Druckschwankungen im ZVD-Bereich und
bei schmerzloser Infusion.

Eine sehr einfache und dennoch relativ exakte Methode zur Bestimmung der Katheterspitzenlage ist bei Kathetern mit inliegendem Mandrin möglich. Nach Plazierung des Katheters und Entfernung des Mandrins braucht man nur dem ungefähren Gefäßverlauf folgend den Mandrin auf den Patienten zu legen. Da Mandrin und Katheter die gleiche Länge haben, läßt sich so die Lage der Katheterspitze recht genau bestimmen.

Nicht erkannt werden auf diese Weise Aberrationen der Katheterspitze und Schlingenbildungen des Katheters.

Sicherheit gibt letztlich nur die röntgenologische Kontrolle. Dabei muß "die Beurteilung einer korrekten Lage... unter der Berücksichtigung, daß sich ein Katheter je nach Applikationsort um bis zu 4 cm bei Körperbewegungen vor- und zurückbewegen kann, erfolgen" (77, S.406).

Beeinflußt wird die Häufigkeit einer Fehlpositionierung durch die Wahl des Punktionsortes und die Art des verwendeten Kathetermaterials.

a. Wahl der Punktionsstelle:
Der Punktionsort ist naturgemäß eine Determinante möglicher Fehlpositionierungen (Tab.3). Dabei wird die Wahl der V. basilica als Applikationsstelle der Fehllagenhäufigkeit der Subclaviakatheterisierung entsprechen, da der Katheter via V. basilica die V. subclavia passieren muß.

Unterschiede in der Häufigkeit einer Katheterfehllage zwischen V. subclavia und V. jugularis interna ergeben sich aus den veschiedenen anatomischen Gegebenheiten.

Dies trifft bis zu einem gewissen Grad auch für den links- und rechtsseitigen Vergleich zu. Der Verlauf insbesondere der rechten V. jugularis interna unterscheidet sich erheblich von dem der linken. Daraus resultieren eine Reihe von Besonderheiten, die von JANTSCH et al. (39) in Tab.3 zusammengestellt wurden.

b. Flexibilität des Kathetermaterials:
Mit zunehmender Rigidität des Katheters wird eine Schlingenbildung oder ein Verknoten des Katheters unwahrscheinlicher. Aber auch weiches Kathetermaterial kann durch einen entsprechenden Mandrin in der notwendigen Weise verstärkt werden.

2.1. Zu lang einliegender Katheter und Aberration

Die Aberrationen werden je nach Punktionsort unterschiedlich angegeben (Tab.3).

Liegen die Katheter zu lang ein, drohen Gefahren, die auch teilweise durch Pulmonalarterienkatheter verursacht werden. Dabei liegen die zu lang einliegenden Katheter in den anatomischen Folgestrukturen der oberen Hohlvene, aber auch in der V. cava inferior.

Folgende Risiken drohen:

- Perforation großer Gefäße oder der Herzwände mit z.B. der Folge einer Perikardtamponade oder eines Hydromediastinums (1,13,17,18,27,38,41,53,72).
- Herzrhythmusstörungen als Folge mechanischer Reize oder mangelhafter Durchmischung der Infusionslösungen mit dem Blut im rechten Atrium oder Ventrikel (23, 28,66,76).
- Lungeninfarkt (7).
- Lungenödem (einseitig) als Folge einer Infusion in eine A. pulmonalis (47).

Fehlliegende Katheter können mechanisch Herzrhythmusstörungen bewirken. Sie drohen besonders während der Katheterpassage durch den rechten Ventrikel.

Nach ELLIOT et al. (23) und SPRUNG et al. (76) verteilen sich die Herzrhythmusstörungen in bestimmter Weise. Bei bis zu 90 von 116 in der Pulmonalarterie liegenden Kathe-

Tab.3: Fehllagen bei der Jugularis-interna- und der Subclavia-Katheterung in % (nach JANTSCH et al. (39))

	Katheterung via V. jugularis int.		V. subclavia	
	re	li	re	li
n =	949	122	72	146
Fehllagen in				
V. jug. kontralat.	0,53	4,10	0,00	2,74
int. homolat.	0,42	0,00	0,00	4,79
V. sub- kontralat.	0,00	0,00	11,11	7,53
clavia homolat.	0,32	5,74	0,00	0,00
	1,27	9,84	11,11	15,06
V. thoracica homolat.	1,05	7,38	0,00	0,00
andere	0,00	3,28	0,00	0,00
Schlingenbildung	0,84	4,92	0,00	0,68
Fehllagen insgesamt	3,16	25,42	11,11	15,74

tersonden muß mit Herzrhythmusstörungen gerechnet werden, das sind 78 % der Fälle. Hiervon sind 18 % atriale und 52 % ventrikuläre Extrasystolen, 27 % ventrikuläre Tachykardien und 3 % Rechtsschenkelblockaden.

Neben den in aller Regel unbedeutenden und nach Passieren des Katheters sofort sistierenden Extrasystolen können bis zu einer Häufigkeit von 26 % ernstere Herzrhythmusstörungen auftreten.

Außerdem können zu lang einliegende Katheter zu Läsionen an der Trikuspidal- und Pulmonalisklappe führen. WÖLTJEN et al. (82) berichten über Klappenschäden des rechten Herzens. Sie fanden bei 8 autoptisch untersuchten Patienten in 5 Fällen eine nichtbakterielle, thrombotische Endokarditis und in 4 Fällen herdförmige Blutungen im Bereich des Klappenapparates.
Insgesamt wiesen 6 von 8 Fällen makroskopische Klappenläsionen auf.

Eine Korrektur von zu lang einliegenden Kathetersonden erfolgt durch einfaches Zurückziehen, wobei beachtet werden muß, daß das Zurückziehen des Katheters nie durch die liegende Punktionskanüle erfolgen darf. Sonst könnte der Katheter abgeschnitten werden und zu einer Katheterembolie mit eventuell letalem Ausgang führen (8,47).

2.2. Zu kurz einliegender Katheter

Angaben über die Häufigkeit nicht zentral-liegender Katheter finden sich in der vorliegenden Literatur nur selten.

Gefahren sind mit den zu kurz einliegenden Kathetern nicht verbunden. Zur Sicherheit der diagnostischen Daten muß die Katheterisierung wiederholt werden, da ein nachträgliches Vorschieben des Katheters aus hygienischen Gründen nicht zulässig ist.

2.3. Schlingenbildung

Wie in Tab.3 dargestellt, können Schlingenbildungen in 0,68 bis 4,92 % der Fälle auftreten.

Zum Ausschluß einer Schlingenbildung sollte der gesamte Katheterverlauf röntgenologisch kontrolliert werden.

Kann eine Schlingenbildung durch vorsichtiges Zurückziehen des Katheters nicht gelöst werden, muß der Katheter u.U. operativ entfernt werden.

2.4. Andere

Beim Einlegen des Katheters drohen eine Reihe weiterer, sehr seltener Komplikationen. Exemplarisch sollen hier die Möglichkeiten eines Bruches der Seldinger-Spirale (80) oder die Knotenbildung des Katheters (47) erwähnt werden.

Daneben gibt es eine Reihe Pak-spezifischer Komplikationen. Beispielhaft sei hier die Luftembolie nach Ballonruptur angeführt (WENDT in 44).

Insgesamt sind Fehllagen eines Katheters durchaus kein seltenes Ereignis. Nach einer Literaturübersicht von BURRI und AHNEFELD (8) gibt es bei der Sondierung via V. basilica in 9,47 % (n=8058) der Fälle Fehlpositionierungen, via V. subclavia in 5,96 % (n=20451), via V. jugularis interna in 0,85 % (n=10013) (s.Tab. 27-29, S. 86ff.).

3. Lagekomplikationen

Zu den Lagekomplikationen des zentralen Venenkatheterismus zählen die asymptomatische Keimbesiedelung, entzündlich-venöse Reaktionen, Sepsis, Thrombose, Verstopfung des Katheters und die Selbstentfernung des Katheters durch den Patienten.
Die entzündlich-venösen Reaktionen lassen sich wiederum in die Entzündung der Punktionsstelle, Phlebitis, Thrombophlebitis der oberflächlichen bzw. Phlebothrombose der tiefen Venen und die "unklare" Temperaturerhöhung unterteilen.

3.1. Asymptomatische Keimbesiedelung

Eine häufige Begleiterscheinung des zentralen Venenkatheterismus ist die Besiedelung des Katheters mit Keimen (4,34). Eine klinische Symptomatik ist damit in aller Regel nicht verbunden.

Der extrakorporale Teil des Katheters bietet viele, z.T. vermeidbare Möglichkeiten der Kontamination und der Keimeinwanderung (8,29). Dazu zählen:

- Zumischung von Arzneimitteln in die Infusionslösungen. So berichten JUST et al. (40) von bis zu 3,8 % bakterieller Kontamination nach Zumischung von Arzneimitteln in die Infusionslösungen. Die isolierten Keime, vorwiegend S. epidermidis, waren "nur in geringer Keimzahl in der Infusionsflüssigkeit nachzuweisen und hatten keine klinisch erkennbaren Störungen hervorgerufen" (40, S.251) (Tab. 4).

Tab.4: Keime aus Infusionslösungen nach Zumischen von Arzneimitteln auf der Station (nach JUST et al. (40))

Staphylokokkus epidermidis	2,8 %
Staphylokokkus aureus	0,2 %
aerobe Sporenbildner	0,6 %
andere	0,2 %
Kontaminationsrate	3,8 %

- Mehrweghähne: TUOMINEN et al. (78) fanden immerhin eine Keimbesiedelung von rund 7 % durch einen 3-Wege-Hahn.
- Zusatzinjektionen.
- Wechsel der Infusionsflaschen.
- Nicht sichtbare Behälterdefekte.
- offener Schenkel (ohne Filter) des ZVD-Meßsystems.
- Infusionsflaschenbelüftung ohne Filter.
- vorab infizierte Katheter.
- mangelnde Hygiene beim Legen oder Pflegen des Katheters.
- endogene Kontamination.

Die Kontaminationsrate ist u.a. von der intravasalen Katheterverweildauer (Tab.5) und der Zahl der Katheter pro Proband (Tab.6) abhängig. Zwischen beiden Einflußfaktoren und der asymptomatischen Keimbesiedelung besteht eine positive Korrelation.

Tab.5: Asymptomatische Keimbesiedelung zentraler Venenkatheter (nach WILHELM et al. (81))
untersuchte Katheter: 100
davon kontaminiert: 43

Lagedauer in Tagen	Kontamination in % apathogen	pathogen	Gesamtkontamination in %
1- 5	18,2	9,1	27,3
6-10	17,1	12,0	29,1
11-20	38,1	24,0	62,1
21-30	30,0	30,0	60,0
>30	16,6	50,0	66,6

Besonders deutlich wird die Proportionalität zwischen Lagedauer und Kontamination bei Betrachtung des Anteils der pathogenen Keime.

Tab.6: Katheterkontamination nach der Anzahl der Katheter pro Proband (nach DUSAN et al. (21))

Zahl der Katheter pro Proband	Zahl der Probanden	prozentualer Anteil der kontaminierten Katheter
1	67	10,4
2	46	34,8
3	11	36,4
4	4	75,0
5	1	100,0

Dabei finden die meisten Autoren als Kontaminationskeime vorwiegend S. epidermidis oder andere, zur normalen Hautflora des Menschen gehörende Keime (Tab.7).

Tab. 7: Keimspektrum bei asymptomatisch besiedelten zentralvenösen Kathetern in %

	BERGHELLA et. al. (3)	BURRI und GASSER (9)	DUSAN et al. (21)	MICHEL et al. (49)	MONACO et al. (51)	SINATRA und GIANNALLIA (74)	WILHELM et al. (81)
n	12	302	37	47	34	192	20
koagulase negative, gram pos. Staphylok.	17		38		38		35
S. aureus	50	22	11	26	12	3	35
Pseudomonas aerug.	17	6	5	13	9	1	10
andere			17	11	9		5
Candida albicans	8	7				3	5

"Staphylokokken sind gram positive Bakterien aus der Familie der Micrococcaceae, die als Teil der residenten Flora der Haut und Schleimhäute, insbesondere den Nasopharynx des Menschen besiedeln" (73, S.9).

Aus historischen Gründen werden die Staphylokokken in zwei Gruppen eingeteilt: zum einen in den S. aureus, der Plasma-koagulase positiv ist, zum anderen in den Plasma-koagulase negativen S. epidermidis.

Diese Zweiteilung erfolgte, da man lange Zeit den S. aureus als pathogen, den S. epidermidis als apathogen ansah.
So wurden auch die anderen Staphylokokken, wie z.B. der S. hominis, S. saprophyticus oder S. hämolyticus, je nach ihrer Pathogenität unter den Begriffen des S. aureus oder S. epidermidis subsumiert.

Die angenommene Apathogenität des S. epidermidis wurde in den letzten Jahren zunehmend angezweifelt. Es kann heute als Tatsache gelten, daß auch dieser Keim unter bestimmten Bedingungen Pathogenität erlangen kann (2,11,12, 24,33,63,73,75).

So fanden SHAH et al. (73) eine durch Staphylokokken hervorgerufene Septikämie in 104 Fällen bei 218 Patienten. Im einzelnen wurde die Septikämie 81 mal durch den S. aureus und 23 mal durch den S. epidermidis hervorgerufen.

Als Zeichen der Septikämie wurden folgende Befunde gewertet:
- mehr als 2 positive Blutkulturen,
- Isolierung des Keimes aus verschiedenen Materialien,
- 2 positive Blutkulturen in Verbindung mit klinischen Zeichen.

Von den 81 Patienten mit S. aureus-Septikämie verstarben 28, von den 23 Patienten mit S. epidermidis-Septikämie 5.

"Voraussetzung für die Krankheitsentstehung" durch Staphylokokken "ist eine, wenn auch nur lokale Abwehrschwäche, ein Defekt der ersten Abwehrlinie gegen eine Invasion durch Verlust der Integrität von Haut und Mukosa. Für eine Ausbreitung über die Eintrittspforte hinaus scheint eine Immundefizienz des Menschen durch andere Erkrankungen wie Diabetes mellitus, Dermatitis, Bluterkrankungen, Neoplasmen, Virusinfekte usw. verantwortlich zu sein" (73, S.9).

PULVERER et al. (in 32) glauben, daß eine passagere Bakteriämie die Ursache der Besiedelung von Venenkathetern ist, da sich die Keime überwiegend im Katheterlumen finden und somit nicht per punctionem in den Katheter gelangt sein können. Im Anschluß erfolgt dann die Streuung der Keime von diesem Ort aus.

Dabei zeigt es sich, daß sich die Keime besonders an den Unregelmäßigkeiten der Kunststoffoberflächen der Katheter festsetzen und kolonisieren (Abb.1).
Somit spielt die Mikrorauhigkeit des Materials eine Rolle. Mit zunehmender Mikrorauhigkeit nimmt auch die Besiede-

lungsfrequenz zu (45).

Indes muß die von LOCCI et al. (45, S.300) diskutierte These, "daß Staphylokokken eventuell Kathetermaterial angreifen und als Nährstoffquelle nutzen könnten", erst noch verifiziert werden.

Abb.1: Staphylokokkenkolonien an Kunststoffoberflächen (entnommen aus HOC (32))

PULVERER (in 32, S.229):
"In den Unregelmässigkeiten der Kunststoffoberflächen setzen sich Bakterien, wie hier Staphylokokken, fest (oben links und rechts). Nach einer Stunde ist bereits eine Mikrokolonie entstanden (unten links). Nach drei Tagen haben sich Makrokolonien aus mehreren Bakterienschichten gebildet."

Unumstritten ist also die potentielle Pathogenität der Staphylokokken, auch des S. epidermidis.

SITGES-SERRA et al. (75) fanden bei 232 Subclaviakathetern in 26 Fällen positive Blutkulturen mit S. epidermidis. Diese Blutkulturen wurden bei plötzlichem Temperaturanstieg des Patienten abgenommen.

Durch Ausschluß anderer Infektionsquellen konnte jeweils der via Katheter inkorporierte S. epidermidis als Verursacher des Temperaturanstieges verifiziert werden.

Durch die Septikämie mit diesem Keim kann es aber auch zu Todesfällen kommen. Einen gesicherten Fall beschrieben FORSE et al. (24) , und SHAH et al. (73) stellten fest, daß sich eine S. aureus-Septikämie hinsichtlich der Mortalität nicht von einer S. epidermidis-Septikämie unterscheidet.

Neben den bereits genannten Faktoren für die Entstehung einer S. epidermidis-Septikämie, wie lokale Abwehrschwäche u.a. zeigt auch die Altersgruppe der Patienten eine Korrelation mit dem Septikämierisiko. In einer Altersgruppe über 69 Lebensjahren lag die Letalität mit 47 % post Staphylokokken-Septikämie "mehr als doppelt so hoch... wie im Alter unter 40 Jahren mit 22,6 %" (73, S.26).

Insgesamt ist also eine Verharmlosung der sog. asymptomatischen Keimbesiedelung des zentralen Venenkatheters nicht angebracht.

3.2. Entzündlich-venöse Reaktion

Unter diesem Begriff wurden die Phlebitis, die Thrombophlebitis, die Entzündung der Punktionsstelle und die sog. unklare Temperaturerhöhung zusammegefaßt. Das schien sinnvoll, da die Thrombophlebitis als schwere Form der Phlebitis aufgefaßt werden kann. Umgekehrt kann die Entzündung (Purulenz) der Punktionsstelle als "Vorläufer" der Phlebitis und die "unklare" Temperaturerhöhung als isoliertes Zeichen jeder der anderen Lagekomplikationen auftreten.

Dabei unterscheidet sich die Phlebitis von der Thrombophlebitis durch das Fehlen von venösen Stauungszeichen, also

der thrombotischen Komponente.
Die Thrombophlebitis scheint eine Zwischenstellung zwischen der Phlebitis und der Thrombose einzunehmen.

Viele Autoren unterteilen jedoch nur in die Gruppen der Thrombose und Phlebitis. Dabei wird auf eine Angabe der jeweiligen Symptomatik weitestgehend verzichtet oder diese divergierend angegeben. Ein Vergleich der Komplikationsraten ist dadurch natürlich nur bedingt zulässig.

Legt man die Definitionen nach PSCHYREMBEL (64) zugrunde, dann ist die Phlebitis (M.Mondor) definiert als "Verhärtung subcutan gelegener Venen, nur zuweilen schmerzhaft" bzw. als Reaktion der Venen, die bis "30 cm lange, harte, stricknadeldicke, subcutane, zuweilen netzartig untereinander verbundene Stränge" bilden.

Auf der Phlebitis können sich sekundär relativ geringe thrombotische Auflagerungen bilden. So wird die häufigere Form der Thrombophlebitis dargestellt (64). Die seltenere Form entsteht auf dem Boden einer Thrombose mit sekundärer, entzündlicher Venenreizung.

Als Symptomatik der Phlebitis kann gelten:
- Verhärtung subcutaner Venen
- eventuelle Dolenz
- eventuelle ödematöse Schwellung
- eventuelle Lymphangiitis
- eventuelles Erythem

Demgegenüber stehen die Symptome der Thrombophlebitis:
- Lokale Entzündungszeichen
- Venöse Stauung
- eventuelle Dolenz
- ödematöse Schwellung
- allgemeine Temperaturerhöhung

Beide Venenreaktionen lassen sich in eine bakterielle und eine irritative Form unterteilen (51). Bei der irritativen Form setzt der Katheter den venösen Entzündungsreiz; ein Erregernachweis gelingt nicht. Bei der bakteriellen Form kann ein Erreger nachgewiesen werden.

MONACO et al. (51) fanden bei 203 Kathetern in 12 Fällen eine Phlebitis, davon in 10 Fällen (4,92 %) eine irritative und in 2 Fällen (0,98 %) eine bakterielle Form.

Wichtige Faktoren, die die Entstehungshäufigkeit der entzündlichen Venenreaktionen beeinflussen, sind die Punktionstechnik und die Wahl des Punktionsortes.
Bei der indirekten Punktion setzt bereits die Führungssonde einen irritativen Reiz, der bei der direkten Punktion entfällt. Andererseits entsteht bei der indirekten Punktion kein "Freiraum" zwischen Venenwand und Katheter, so daß das Thrombosierungsrisiko vermindert ist (59) (s.S.36).

Der Punktionsort ist deshalb wichtig, weil die Wahrscheinlichkeit, daß der Katheter an der Venenintima "entlangkratzt", mit der Größe des Gefäßlumens abnimmt (46).

So fanden auch BURRI et al. (8,9) in Sammelstatistiken und selbst ermittelten Daten je nach Punktionsort Unterschiede in der Häufigkeit der Phlebitiden (Tab.8).

Tab.8: Phlebitisraten nach BURRI und AHNEFELD (8) bei verschiedenen Punktionsstellen in %

Punktionsstelle	Literatur	(n)	BURRI et al.	(8)
V. basilica	12,70	(8058)	10,00	(1776)
V. subclavia	0,12	(20451)	0,60	(1098)
V. jugularis int.	0,01	(10013)		

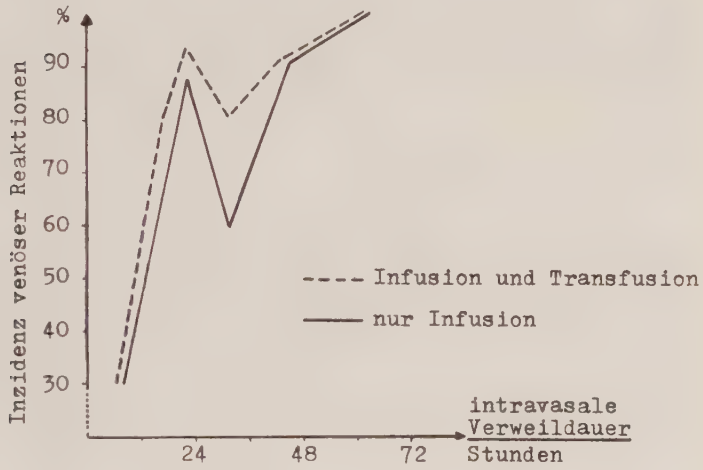
Auch die mechanischen Eigenschaften des Katheters, wie die Elastizität und die Mikrorauhigkeit, nehmen Einfluß auf die Häufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen. Einerseits steigt mit zunehmender Rauhigkeit des Materials die Keimbesiedelungshäufigkeit (s.S.25) und damit die Wahrscheinlichkeit der bakteriellen Form der Phlebitis bzw. Thrombophlebitis. Andererseits nimmt mit zunehmender Rauhigkeit natürlich der irritative Reiz und damit die Häufigkeit der irritativen Form der entzündlichen Venenreaktion zu.

Die Abhängigkeit der Gefäßreaktionen von der intravasalen Verweildauer der Katheter zeigen HÖPKER et al. (in 44). Sie beschreiben den Ablauf der entzündlich-venösen Reaktionen so: "Der Schädigungsablauf vollzieht sich offenbar in 2 Phasen, wobei zunächst das Endothel und die Intima und dann (offenbar über die Vasa vasorum) die Adventitia und die peripheren Abschnitte der Media geschädigt werden" (44 , S. 10).

Weitere Faktoren, die die Entstehungshäufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen beeinflussen, sind:

- die Höhe der Osmolarität der infundierten Flüssigkeit. Dabei korreliert die Höhe der Osmolarität positiv mit den Gefäßreaktionen (44).
- der pH-Wert der Infusion. "Alkalische Lösungen verursachen stärkere Endothelschädigungen als saure Lösungen, die erst bei einem pH-Bereich unter pH 3 relevant werden" (65 , S. 71).
- Infusion und/oder Transfusion. DINLAY (19) berichtete über unterschiedlich starke venöse Reaktionen auf In- und Transfusion (Abb. 2).

Abb. 2: Inzidenz venöser Reaktionen auf den zentralen Venenkatheter aus Polyäthylen bei Infusion mit und ohne Transfusion (nach DINLAY (19))



3.3. Sepsis

Als eine der schwerwiegendsten Komplikationen des zentralen Venenkatheterismus ist die Sepsis anzusehen.

Katheterinduzierte Spetitiden sind nur schwer als solche auszumachen. Auch wenn, wie von DASCHNER et al. (16) gefordert, neben den klinischen Zeichen wie z.B. Temperatur über 38° C, Schüttelfrost, Tachycardie, Leukozytose mit Linksverschiebung etc. auch noch zwei Blutkulturen innerhalb von 24 Stunden positiv auf Erreger sind, kann selbst

der Nachweis derselben Erreger an der Katheterspitze nicht unbedingt als Beweis für eine katheterinduzierte Sepsis angesehen werden.
BOZZETTI et al. (5) fanden unter den genannten Bedingungen eine Sepsisrate von 7,6 %, konnten aber in 4,2 % auch andere mögliche Eintrittspforten für dieselben Keime nachweisen.
So kamen sie auf eine sicher durch den Katheter induzierte Sepsis in 3,4 % der Fälle.

Die Angaben zur Häufigkeit der Sepsis als Komplikation des zentralen Venenkatheterismus schwanken ganz erheblich, von 0,01 % beim Jugulariskatheter (8) bis zu ca. 0,5 % beim Basilica- und Subclaviakatheter. In Einzelfällen, die diese Durchschnittswerte verfälschen, werden bis zu 26,5 % bakteriell verursachter Septitiden angegeben (CURRY in Sammelstatistik in 74).

Neben den auch für die asymptomatische Keimbesiedelung geltenden Einflußfaktoren, wie z.B. Wahl der Punktionsstelle (s.S.21ff), spielt auch die Vorschädigung der Vene durch eine entzündlich-venöse Reaktion eine Rolle.
DASCHNER (15) gibt das Sepsisrisiko mit 0,2 % für Patienten ohne, aber mit 3,7 % für Patienten mit einer vorbestehenden Thrombophlebitis an.

Daß die Kontaminationsfrequenz der zentralen Venenkatheter ebenfalls einen Einfluß auf die Häufigkeit der Sepsis hat, wird von DASCHNER (15) ebenso wie die Art des Kontaminationskeimes als Einflußfaktor beschrieben. Er gibt für den S. epidermidis ein Sepsisrisiko von 71:1, für S.aureus und ebenfalls für Candida albicans von je 7:1 bei vorbestehender asymptomatischer Keimbesiedelung an.

Trotzdem sollte eine antibiotische Schutztherapie während der Katheterisation nicht erfolgen, sondern im Sepsisfall muß gezielt nach Antibiogramm behandelt werden (8).

3.4. Thrombose

Je nach Methodik zur Feststellung einer Thrombose als Folge des Venenkatheters ergeben sich sehr unterschiedliche Häufigkeiten. So wird die Thromboserate bei BURRI und GASSER (9) in den Sammelstatistiken zwischen 0 und 50% angegeben. Dabei erzielt die rein klinische Diagnostik die geringsten Werte.

In phlebographischen Untersuchungen fanden BRAUN et al. (6) bei 35 % der Fälle Thrombosen. KÖHLER (42) berichtete sogar in 9 von 10 Fällen von einer klinisch stummen Thrombose nach 12-tägiger Katheterliegezeit. Dabei wurde eine Stenosierung der V. branchiocephalica phlebographisch nachgewiesen.

MÜLLER und HARTMANN (54) fanden "in mehr als 30 % aller Obduktionsfälle Folgen zentraler Venenkatheter, die vor dem Tode angelegt worden waren." Und in "mehr als 80 % dieser Fälle ließen sich morphologisch faßbare Venenwandläsionen und Thromben diagnostizieren" (54).

Das Schicksal der Thromben gestaltet sich recht unterschiedlich. Wenn sie "komplikationslos ausheilen", entgehen sie in aller Regel dem Kliniker. Lediglich in den Fällen, in denen sie durch embolische Verschleppung oder Lumeneinengung klinisch faßbare Symptome verursachen, werden Thromben als solche erkannt (8). Thrombembolien sind auch in einigen Fällen tödliche Komplikationen des zentralvenösen Katheters.
MÜLLER und BLÄSER(52, S.412) berichten über 50 "erhebliche Venenwandschäden" und 10 "tödliche thrombembolische Komplikationen" im Obduktionsgut eines Jahres.

Nach tierexperimentellen Befunden von HÖPKER et al. (in 44) induziert jeder Katheter einen Gefäßschaden mit der Folge der Thrombosierung.

Darüber hinaus hängt die Stärke der Gefäßwandreaktion von der Höhe der Osmolarität der infundierten Flüssigkeit ab. Das Ausmaß des Endothelschadens und die Stärke der Thrombusbildung nimmt mit der Dauer der Katheterlage und mit der Höhe der Infusionsosmolarität zu.

Ebenfalls in tierexemperimentellen Studien wiesen HILDEBRAND und MIKULIN (31) nach, daß die Entstehung von Thromben durch den zentralen Venenkatheter auf zwei Ursachen zurückgeführt werden kann:

"1. In den ersten Stunden (<24 Stunden) der Venenkatheterisation ist die materialbedingte, oberflächenabhängige Thrombusbildung bestimmend. Sie ist Folge der unmittelbaren Wechselwirkung zwischen Blutgerinnungssystem und Fremdkörper.

2. In den späteren Zeitabschnitten tritt die Thrombusbildung infolge der mechanischen Endothelläsion durch den Katheter in den Vordergrund. Sie macht den Hauptteil der katheterbedingten Thrombenmasse aus" (31, S. 161f.).

Ein wichtiger Faktor für die Entstehung der Thrombose ist die Mikrostruktur der verwendeten Katheter.
Speziell mit den Materialien Polyurethan, Polyäthylen und Silikon hat sich MÜLLER-WIEFEL (55) beschäftigt. Er fand günstige "Resultate hinsichtlich Thrombengewicht, Thrombusausdehnung, Lumenverschluß und Phlebitis" (55, S. 247) bei den Materialien Polyurethan und Silikon, am ungünstigsten ist Polyäthylen.

Andere Materialien wie etwa das Polyvinylchlorid (PVC) sind heutzutage obsolet, nachdem sich herausgestellt hat, daß die als Weichmacher dem PVC zugesetzten Phtalate u.a. durch das Blutplasma aus dem PVC herausgelöst werden. Dadurch werden mit zunehmender Lagedauer PVC-Katheter rigider, was zu Materialbrüchen mit schweren Komplikationen führte (8,17,26,72). Darüber hinaus vermutet man, daß

die Weichmacher toxisch wirken. Das führt durch Endothelschädigung eventuell zu einer Störung der Antikörperproduktion und der Gefäßpermeabilität (43).

Aus diesem Grund werden heute vorwiegend folgende Materialien verwendet:

Polyäthylen (PE) $CH_3-\underset{|}{\overset{|}{C}}-\underset{|}{\overset{|}{C}}-$ Ein "chemisch inertes, ohne Weichmacherzusatz flexibles Kathetermaterial" (70, S.12). "Die Oberfläche der Polyäthylen-Katheter ist in großen Abschnitten weitgehend glatt. Bereits bei mittleren Vergrößerungen erkennt man aber unregelmäßig angeordnete, teils rillenförmig und gewellt verlaufende, grabenförmige und zackige Vertiefungen" (53, S. 2055) (Abb. 3 links).

Silikon (Si) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{Si}}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{Si}}-O-$ Silikon wird gegebenenfalls zur Verbesserung der Materialeigenschaften dem PE zugegeben.

Polyurethan (PUR) $O-(CH_2)_6-O-CO-NH-(CH_2)_6-NH-CO$

PUR bietet im mikroskopischen Bild "eine in Längsrichtung sanft gewellte Oberfläche. Abgesehen von kleinsten feinstkörnigen und wärzchenartigen Erhebungen erscheint die Oberfläche sehr gleichmäßig" (53, S. 2056) (Abb. 4).

Weniger befriedigend ist die Struktur der eingelassenen Röntgenkontraststreifen. Man findet eine recht unebene Oberfläche bei allen Kathetern in diesem Bereich (Abb. 3 rechts).

Somit ist hinsichtlich der Thrombogenität das PUR als das z.Z. günstigste Kathetermaterial anzusehen.
Aufgrund der geringsten Mikrorauhigkeit ist das PUR aber auch als günstiges Material, was die asymptomatische Keimbesiedelung anbelangt, zu betrachten und damit ebenfalls

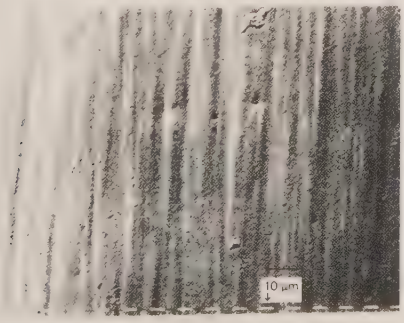
hinsichtlich der Entstehungshäufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen (s.S. 25u. 30)

Ein anderer, die Thromboseentstehung beeinflussender Faktor ist die Wahl der Punktionstechnik.
Da bei der direkten Punktion der Katheter durch die Kanüle eingeführt werden muß, ist diese Kanüle großlumiger als der Katheter. Nach Zurückziehen der Kanüle verbleibt somit ein "Freiraum" zwischen Venenwand und Katheter (58, 59). Neben dem Risiko einer Nachblutung steigt auch das Risiko einer Thrombenentstehung.

Weitere Faktoren, die die Thromboseentstehung begünstigen, sind:
- ein reduzierter Allgemeinzustand des Patienten.
- eine hämodynamische Insuffizienz.
- lokale Veränderungen am Punktionsort, wie Hautaffektionen, Phlebitiden usw.
- vorbestehende lokale Veränderungen der Vene, wie Intimaläsionen, zuvor liegende Katheter etc.
- die Punktion distaler Venen (schlechteste Ergebnisse bei Punktion der Venen der unteren Körperhälfte).
- lange Katheterliegezeiten.
- die Verwendung von hartem, rauhen Kathetermaterial.
- hohe Osmolarität der Infusionslösungen
  (nach 8,57)

Abb. 3: Glatte Oberfläche eines Venenkatheters aus Polyäthylen (links) mit mikrorauhem Röntgenkontraststreifen (rechts). Bildschirmvergrößerung 640:1 (entnommen aus MÜLLER et al. (53))

Abb. 4: Oberfläche eines Venenkatheters aus Polyurethan mit Längsriefen. Bildschirmvergrößerung 320:1 (entnommen aus MÜLLER et al. (53))



3.5. Andere Lagekomplikationen

Neben den bisher genannten Lagekomplikationen wie asymptomatische Keimbesiedelungen, entzündlich-venöse Reaktionen, Septikämien und Thrombosen gibt es noch eine Reihe weiterer.
Hierzu zählen in erster Linie die Verstopfung des Katheters und die Selbstentfernung des Katheters durch den Patienten. Wenn weiterhin ein zentraler Zugang benötigt wird, ist die Konsequenz in beiden Fällen dieselbe. Es muß ein neuer Katheter mit den daraus resultierenden, erhöhten Komplikationsrisiken gelegt werden.

Angaben zu den Häufigkeiten der Katheterverstopfung und der Selbstentfernung finden sich in der vorliegenden Literatur nur vereinzelt. EEROLA et al. (22) geben als Gründe für die Entfernung des Katheters in 13,5 % der Fälle ein Verstopfen und in 26 % der Fälle eine Selbstentfernung des Katheters durch den Patienten an.

III. Methodik, Patienten und Katheter

Die Ergebnisse dieser Arbeit basieren auf insgesamt 779 prospektiv angelegten Katheterisierungen, die während eines Zeitraumes von 10 Monaten bei insgesamt 604 Patienten auf einer internistischen Intensivpflegestation (IPS) durchgeführt wurden.
Von diesen 604 Patienten hatten 67 % kardiale, 33 % extrakardiale Intensivleiden (Tab. 9).

Tab. 9: Krankheitsverteilung bei 604 katheterisierten Intensivpatienten

Kardiale Erkrankungen	67 %	extrakardiale	
Myokardinfarkt	29 %	Erkrankungen	33 %
koronare Herzerkrankung	9 %	Intoxikationen	11 %
Cor hypertonicum	8 %	hypertensive	
Cor pulmonale	6 %	Krise	4 %
Vitium cordis	5 %	Pneumonie	3 %
Lungenarterienembolie	3 %	Status	
Myokarditis	2 %	asthmaticus	2 %
sonstiges	5 %	sonstiges	13 %

1. Methodik

1.1. Untersuchungen

1.1.1. Klinische Untersuchung

Jeder der 604 Patienten wurde mindestens einmal pro Tag auf eventuelle Komplikationen, hervorgerufen durch den zentralen Zugang, untersucht.
Klinisch wurden dabei von den Lagekomplikationen die entzündlich-venösen und septischen Reaktionen und von den Punktionskomplikationen der Pneumothorax erfaßt.

Folgende Symptome wurden bei der Diagnose Phlebitis bewertet:
- Verhärtung subcutaner Venen
- Dolenz
- ödmatöse Schwellung
- Lymphangiitis
- Erythem

Der Thrombophlebitis wurden folgende Symptome zugeordnet:
- Lokale Entzündungszeichen
- Venöse Stauung
- Dolenz
- ödematöse Schwellung
- allgemeiner Temperaturanstieg

Entzündliche Zeichen an der Punktionsstelle mit oder ohne Purulenz galten im Zusammenhang mit anderen Symptomen als Kriterium der Phlebitis, bei isoliertem Auftreten wurden sie separat gewertet.

Temperaturerhöhungen wurden zum zentralen Venenkatheterismus in Bezug gesetzt, wenn sie nach Katheterentfernung prompt verschwanden.

Für die Diagnose einer Sepsis wurden febrile Temperaturen, Schüttelfrost, Tachycardi, Leukozytose und 2-fach positive Blutkulturen verlangt. Die Keime der positiven Blutkulturen mußten außerdem einen direkten Bezug zur Keimart an der Katheterspitze aufweisen.

Venöse Stauungszeichen ohne phlebitische Reaktionen wurden als Thrombose gewertet.

1.1.2. Mikrobiologische Untersuchung

Nach Möglichkeit wurde jede Katheterspitze auf pathogene Keime untersucht.
Durch diese Untersuchung der Katheterspitze auf Erreger und Resistenz wurden die entzündlich-venösen Reaktionen näher spezifiziert, eine Sepsis verifiziert und bei den anderen Kathetern eine eventuelle asymptomatische Keimbesiedelung festgestellt.

Dabei erfolgte eine Keimidentifizierung nach mikrobiologischen Kriterien. Lediglich die koagulase negativen, gram positiven Staphylokokken wurden nicht näher spezifiziert, sondern unter dem historischen Begriff der S. epidermidis subsumiert (73).

1.1.3. Radiologische Untersuchung

Jeder Katheter wurde nach seinem Einbringen röntgenologisch auf seine korrekte Lage hin überprüft.

Passagere Schrittmachersonden und Pulmonalarterienkatheter wurden unter Sicht eines Bildwandlers eingeführt. Auf nachträgliche Röntgenkontrollen konnte entsprechend verzichtet werden.

Besonderes Augenmerk wurde auf Pneumothoraxbildung gerichtet.

1.1.4. Elektrokardiologische Untersuchung

Bei der Katheterisierung standen die Patienten unter EKG-Kontrolle zur Erfassung von iatrogen-induzierten Herzarrhythmien.

Zur Datenerfassung diente ein entsprechender Untersuchungsbogen (Tab. 10).

Tab. 10: Untersuchungsbogen

Name:		Geschlecht:		verstorben am:
Kath. Nr.:		Alter:		Befund betr. Kath.:
zeitgleich Nr.:		Größe:		
in Folge Nr.:		Gewicht:		
Einweisungsdiagnose:				
Punktions-indikation	0	zentr.Zugang zur	0	ZVD-Messung
			0	Infusion
			0	Transfusion
			0	sonst.:
	0	Sonde Arteria pulm.	0	Druckmessung
			0	Infusion
			0	sonst.:
	0	passagere Herzschrittmachersonde		
Begleitumstände der Punktion			0	akuter Notfall (NAW)
			0	planbare Punktion (IPS)
Punktionsort	0	V. jug. int.	0	rechts
	0	V. subclavia	0	links
	0	V. femoralis		
	0	V. basilica	0	nach Seldinger
Material	0	ZVK	0	Cava-fix certo
	0	Pulmonaliskath.	0	Alpha J 30
	0	passagere SM-Sonde	0	Stericath
			0	sonst.:
Dauer der Katheterlage:		...Std.,		...Tage
Labor:	0	...% Quick	0	sonst.:
Medikation	0	per Katheter	0	allg.:
	0	Antibiotika		
Komplikationen	0	...Fehlpunktionen	0	venös
	0	sonst.:	0	arteriell
	0	Fehllage, wo:	0	...cm zu lang
			0	...cm zu kurz
	0	Phlebitis	0	Spitze auf E & R
	0	Thrombophlebitis	0	Ergebnis E & R
	0	sonst.:		

1.2. Statistisches Verfahren

1.2.1. Deskriptives Verfahren

Reichte das gewonnene Zahlenmaterial zur Ermittlung von statistisch-gesicherten Daten wie z.B. bei der Sepsis nicht aus, wurde auf ein rein deskriptives Darstellungsverfahren zurückgegriffen.

1.2.2. Arithmetisches Mittel

War die Ermittlung eines Mittelwertes nötig, so wurde das arithmetische Mittel ($\bar{x}$) gewählt und nach folgender Formel berechnet:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

Dabei gilt: Σx = Summe der Werte der Einzelbeobachtungen
n = Gesamtzahl der Beobachtungen

1.2.3. Statistischer Test

Auf Vorschlag des Instituts für medizinische Statistik der Freien Universität Berlin wurden die gewonnenen Daten mit dem Chi-Quadrat-Test (Kontingenztest) auf Signifikanz geprüft.

Nach Bildung einer Nullhypothese Ho, die besagt, daß sich die Differenz durchschnittlich von Null nicht unterscheidet, wurde im Verwerfungsfall von Ho die Alternativhypothese Ha akzeptiert.
Ho wird verworfen, wenn der statistische Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) von α zur Feststellung einer Abweichung von Null führt.

Üblich sind in der Medizin Werte für α zwischen 0,01 und 0,1, d.h., es wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 bis 10 % angenommen.
In dieser Arbeit wurde α durchgehend mit 0,05 (5%) festgelegt.

Die Aufschlüsselung der Beobachtungshäufigkeiten zur Ermittlung der Signifikanz wurde nach dem System der Zweiwegtafeln des Typs r·c (k·2-Feldertafeln, Vierfelder-Test) vorgenommen.
Dabei unterscheiden sich die k·2 -Feldertafeln und die Vierfelder-Tests von der r·c-Zweiwegtafel nur durch die Komplexität.

Nach Aufschlüsselung der Beobachtungshäufigkeiten (Tab. 11) wurde dann die Berechnung der Signifikanz nach dem Chi-Quadrat-Test (X^2-Test) nach folgender Formel vorgenommen:

$$X^2 = n \left[\sum_{i=1}^{r} \cdot \sum_{j=1}^{c} \cdot \frac{n_{ij}^2}{n_i \cdot n_j} - 1 \right]$$

Dabei bedeuten:

n = Gesamtstichprobenumfang
n_{ij} = Besetzungszahl des Feldes in der i-ten Zeile und der j-ten Spalte
n_i = Summe der Besetzungszahlen der i-ten Zeile
n_j = Summe der Besetzungszahlen der j-ten Spalte
n_i, n_j = Produkt der Randsummen
(entnommen aus 67,68)

Tab. 11: Aufschlüsselung der Beobachtungshäufigkeiten zur Berechnung der Signifikanz nach dem X^2-Test (nach SACHS (67))

	2.Merkmal (c-Spalten)	1	2	j	c	Zeilensumme
1.Merkmal (r-Zeilen)	1	n_{11}	n_{12}	n_{1j}	n_{1c}	n_1
	2	n_{21}	n_{22}	n_{2j}	n_{2c}	n_2
	-	-	-	-	-	-
	i	n_{i1}	n_{i2}	n_{ij}	n_{ic}	n_i
	-	-	-	-	-	-
	r	n_{r1}	n_{r2}	n_{rj}	n_{rc}	n_r
Spaltensumme		n_1	n_2	n_j	n_c	$n_r \cdot n_c$ n

Aus dieser Aufschlüsselung der Zahlen läßt sich auch der Freiheitsgrad FG errechnen: FG = (r-1)·(c-1)

Aus dem Freiheitsgrad und der vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit α läßt sich ein tabellierter Wert finden (67). Ist X^2 größer als der tabellierte Wert, gilt Ho als verworfen.

Um eine allgemeingültige Aussage über die Grundmenge (Patienten mit Venenkathetern) treffen zu können, muß die untersuchte Stichprobe der Grundmenge gleichen bzw. diese repräsentieren.
Diese Forderung ist in der in dieser Arbeit untersuchten Stichprobe nur bedingt erfüllt. Eine Selektion der Patienten erfolgte bereits dadurch, daß z.B. nur Intensivpatienten mit einem zentralvenösen Zugang in einer bestimmten Klinik untersucht wurden.
Diese Einschränkung muß bei der Übertragung der Ergebnisse auf andere Patientenkollektive beachtet werden.

Eine Zusammenstellung der eigenen Zahlen mit der Signifikanzberechnung findet sich im Anhang dieser Arbeit.

2. Patienten und Katheter

Die ermittelten Untersuchungsergebnisse wurden nach der Methodik der Statistik berechnet, die ermittelten Daten sowohl nach Gesichtspunkten einer Patientengruppierung als auch einer Gruppierung nach katheterbedingten Aspekten vorgenommen.

2.1. Patienten

Zur Feststellung der Frage, ob Mehrfachkatheterisierungen pro Patient einen Einfluß auf die Häufigkeit von Lagekomplikationen und die Zahl asymptomatischer Keimbesiedlungen haben, wurde die Katheterzahl pro Patient und ihre Komplikationsfolge untersucht.
Dabei lautete die Hypothese, daß mit steigender Katheterzahl pro Patient auch die Quote der dabei manifesten Lagekomplikationen steigen müsse.

Zur Abklärung der Frage, ob individuelle Faktoren, wie z.B. Alter, Geschlecht oder Gewicht eine Rolle bei der Häufigkeit von Komplikationen spielen könnten, wurden weiterführende Patientenunterteilungen vorgenommen. Zur Gruppenbildung wurden das Lebensalter, das Geschlecht und das Gewicht herangezogen. Die Hypothese lautete, daß diese individuellen Faktoren keinen Einfluß auf die Häufigkeit von Katheterkomplikationen nähmen.

2.2. Katheter

Eine erste Gruppierung nach Gesichtspunkten der Katheterisierung erfolgte nach den Begleitumständen der Punktion. Dabei wurden alle Komplikationen nach der Punktionsindikation "akuter Notfall" (NAW-Katheter) vs. "geplante Indikation" (IPS-Katheter) unterteilt.
Die Hypothese lautete, daß aufgrund z.B. des Zeitmangels oder der erhöhten Anforderung an den punktierenden Arzt die Komplikationsraten beim NAW-Katheter höher seien als beim IPS-Katheter.

Zur Abklärung, ob die Materialeigenschaften der verschiedenen Kathetermodelle einen Einfluß auf die Entstehung der Lagekomplikationen und ob die Punktionstechnik einen Einfluß auf alle Komplikationen haben, wurde eine Unterteilung in die verschiedenen Kathetermodelle vorgenommen.
Die Hypothese lautete, daß sich die verschiedenen Kathetermodelle hinsichtlich der Komplikationshäufigkeit unterscheiden würden. Sollte diese Hypothese zutreffen, so konnte überprüft werden, welche Materialien unter bestimmten Bedingungen als die Günstigsten anzusehen wären.

Unter der Prämisse der Ermittlung des günstigsten Applikationsortes wurden die Katheter nach den Punktionsorten aufgeschlüsselt.
Dabei galt als Hypothese, daß sich die Punktionsorte betreff der Komplikationsfrequenzen unterscheiden müßten.

Letztendlich sollten auch Unterschiede in der Frequenz der Komplikationen in Abhängigkeit von der intravasalen Verweildauer der Katheter überprüft werden.
Da diese Unterschiede zu erwarten waren, lautete die Hypothese entsprechend.

IV. Eigene Ergebnisse und kurze Interpretation

1. Voraussetzungen

1.1. Katheter

1.1.1. Verwendete Kathetermodelle

Im wesentlichen standen folgende Kathetermodelle zur Verfügung:

cfc: Cava-fix certo der Firma B. Braun Melsungen AG in 2 Versionen: zum einen Nr. 375 zur Punktion cubitaler Venen, zum anderen Nr. 358 zur Punktion der V. subclavia/anonyma. Beide Versionen unterscheiden sich nur in der Länge.

Mit dem cfc wurde entweder nach der direkten, vom Hersteller vorgesehenen Methode punktiert oder die indirekte Punktionstechnik nach Seldinger (cfc-S) angewandt.

stc: Stericath der Firma Vygon, Aachen. Mit dem stc wurde ausschließlich die V. basilica nach der direkten Punktionstechnik punktiert. In 2 von 362 Katheterungen wurde der stc nach Venae sectio eingelegt.

AJ30: Alpha J 30 der Firma sterimed, Saarbrücken. Mit dem AJ30 wurde bis auf eine Ausnahme nur die V. jugularis interna nach der bauchtechnisch bedingten, indirekten Punktionsmethode punktiert.
(Anm.: In der Untersuchung wurde nicht der lt. Hersteller seit Anfang 1984 aus dem Werkstoff Polyurethan gefertigte AJ30 verwendet, sondern der AJ30 aus Polyäthylen).

Tab. 12: Verwendete zentralvenöse Kathetermodelle

Modell	Länge	Durchmesser innen	Durchmesser außen	Werkstoff
cfc 375	70 cm	1,1 mm	1,7 mm	Polyurethan
cfc 358	45 cm	1,1 mm	1,7 mm	Polyurethan
stc	70 cm	1,2 mm	1,7 mm	silikonisiertes PE
AJ 30	30 cm	1,1 mm	1,6 mm	Polyäthylen

Alle Modelle weisen eine Längenmarkierung auf, die ein Erkennen der intravasalen Länge erlaubt. Dabei sind die Markierungen des stc und AJ30 allerdings im Vergleich mit dem cfc sehr dürftig.
In alle Modelle ist ein Röntgenkontraststreifen eingelassen, der jedoch insbesondere beim cfc nur für einen mäßigen Röntgenkontrast sorgt (70).
Häufig ließ sich daher ein "Anspritzen" des Katheters mit einem Röntgenkontrastmittel nicht vermeiden, da die meisten der Patienten im Bett geröntgt werden mußten.
"Bei der bei Bettaufnahmen üblicherweise verwendeten Weichstrahltechnik ist der röntgendichte Streifen und die Katheterspitze im Mediastinalbereich häufig schlecht abgrenzbar" (39, S. 464).
Eine einen stärkeren Kontrast gebende Katheterspitze wäre also durchaus wünschenswert.

Die Vorteile der einzelnen Kathetermodelle beschreibt SCHLICHTING (70) (Tab. 13).

Tab. 13: Vorteile der einzelnen Kathetermodelle (nach SCHLICHTING (70))

Modell	Handhabung	Sicherheit	Röntgenkontrast	NAW-Eignung
cfc	rel. leicht	gut	mäßig	bedingt
stc	leicht	Abscherrisiko	gut	gut
AJ30	zeitaufwendig	gut	gut	nein

Ein weiteres auf der IPS verwendetes Kathetermodell war der Pulmonalarterienkatheter (Pak). Dieser von GRANDJEAN und später von SWAN et al. aus dem zentralen Venenkatheter entwickelte Pak erweiterte das diagnostische Spektrum ganz erheblich (WENDT in 44).

Auf der IPS wurde ein 4-lumiger Pak verwendet. Diese 4 Lumina haben folgende Funktionen:

- Das erste dient zum Aufblasen des Katheterballons, der die leichtere Plazierung der Katheterspitze in einer Lungenarterie bewirkt,sowie zum zeitweiligen Blockieren einer Lungenarterie.
- Mit dem zweiten Lumen kann bei Blockierung der Pulmonalarterieder Verschlußdruck (POP = pulmonary occlusion pressure) des Gefäßes bestimmt werden. Zudem können über dieses Lumen kontinuierlich Blutproben entnommen und der normale Pulmonalarteriendruck gemessen werden.
- Die beiden letzten Lumina geben die Möglichkeit, mittels der Kälteverdünnungsmethode das ungefähre Herzzeitvolumen zu bestimmen.
  Diese Methode hat allerdings eine Fehlerbreite von ± 5 %,die bei beatmeten Patienten noch ansteigt (WENDT in 44).

Die Technik der Punktion ist für den Pak die indirekte, nach der Seldinger-Methode.
Nicht geeignet ist der Pak für den NAW-Einsatz.

Da der Pak unter Durchleuchtung gelegt wurde, konnten auch keine Fehllagen auftreten.

Verwendet wurden die beiden Größen 5F und 7F, was einem Außendurchmesser von 2,1 bzw. 2,3 mm entspricht.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zu den zentralen Venenkathetern lag in der Wiederverwendbarkeit der Pak nach

Sterilisation. Die zentralen Venenkatheter sind hingegen Einwegartikel.

1.1.2. Elastizität der Katheter

Der Einfluß der mikroskopischen Oberflächenstrukturierung der Katheter auf die Komplikationen wurde bereits dargestellt (s.S. 34 ff.), ebenso die Rigiditätszunahme der ehemals verwendeten PVC-Katheter (s.S. 34). Daher schien eine kurze Untersuchung über das elastische Verhalten der heutigen Materialien in Abhängigkeit von der intravasalen Verweildauer sinnvoll.

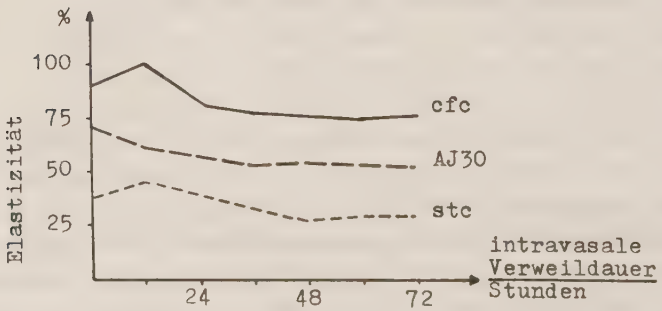
Aus Kathetern, durch die normoosmolare Lösungen infundiert wurden, wurden 3 cm unterhalb der Katheterspitze ca. 6 cm lange Teilstücke herausgeschnitten.
Diese Teilstücke wurden an einem Ende so fixiert, daß eine Länge von 5 cm zum freien Ende verblieb. Dann wurde das freie Ende mit 2 bzw. 5 Pond belastet.
Bei Raumtemperatur (22° C) wurde dann die Biegung des freien Endes im Abstand von 2 bzw. 3 cm Entfernung vom fixierten Ende gegen die Waagerechte gemessen.
Die Ergebnisse sind in Tab. 14 zusammengefaßt. Aus jeder Maßserie wurde das arithmetische Mittel gebildet und als prozentuale Biegefähigkeit in Abb. 5 aufgetragen.

Bei dieser quantitativen Messung läßt sich wegen der geringen Stückzahlen der untersuchten Katheter keine statistisch gesicherte Aussage treffen. Nach Auskunft des Instituts für medizinische Statistik der Freien Universität Berlin können diese Ergebnisse im Rahmen der Meßgenauigkeit jedoch rein qualitativ bewertet werden. Demzufolge ist der cfc (PUR) am elastischsten, der stc (SiPE) am rigidesten.

Tab. 14: Elastizität der verschiedenen zentralvenösen Kathetermodelle bei unterschiedlicher intravasaler Verweildauer

intravasale Verweildauer (Std.)	cfc				AJ30				stc				
a=	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	cm
g=	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5	g
0	1,2	2,2	2,4	5,0	1,0	1,5	2,0	4,0	0,5	1,0	1,0	2,1	
12	1,3	2,4	2,5	5,6	0,8	1,3	1,5	3,6	0,7	1,1	1,2	2,4	
24	1,1	2,0	2,3	4,2	0,7	1,3	1,3	3,4	0,6	1,0	1,1	2,0	
36	1,0	2,0	2,1	4,1	0,6	1,2	1,2	3,2	0,4	0,8	0,9	1,9	
48	0,9	2,0	2,0	4,1	0,6	1,2	1,3	3,2	0,3	0,7	0,7	1,4	
60	0,9	2,0	2,0	4,0	0,6	1,1	1,3	3,3	0,4	0,7	0,8	1,4	
72	0,9	2,0	2,1	4,0	0,7	1,1	1,2	3,2	0,4	0,8	0,7	1,4	

Abb. 5: Durchschnittliche Biegung der Katheter (Elastizität) bei unterschiedlicher intravasaler Verweildauer in %



Dabei ergeben sich aus der "Weichheit" weder beim cfc noch beim AJ30 Probleme mit dem Vorschieben des Katheters. Der cfc ist mit einem die Rigidität verstärkenden Mandrin versehen, der erst nach Plazierung des Katheters entfernt wird. Der AJ30 wird über die intravasale, rel. harte Führungssonde vorgeschoben.

Festzuhalten bleibt, daß PUR sowohl seitens der Mikrorauhigkeit als auch seitens der Elastizität das zur Zeit beste Kathetermaterial zu sein scheint.

1.2. Punktionsstellen

Von den generell möglichen Punktionsstellen wurden auf der IPS und im NAW nur folgende verwendet:

- V. basilica: Hier wurde ca. 2cm ober- oder unterhalb des Zuflusses der V. mediana cubiti punktiert.
  Beim Vorschieben des Katheters wurde der Arm in Außenrotation rechtwinklig abduziert. Dadurch wurde das Passieren der V. axillaris erleichtert.
  Venenklappen konnten bei Behinderung der Passage durch vorsichtiges Anspritzen mit physiologischer Kochsalzlösung geöffnet und passiert werden.
- V. subclavia/anonyma: Supraklavikulär wurden beide Gefäße entweder am Übergang des medialen zum sternalen Drittel der Clavicula oder am Sternoklavikulargelenk punktiert. In Ausnahmefällen wurde auch die infraklavikuläre Punktion der V. subclavia am Übergang vom medialen zum sternalen Drittel der Clavikula angewendet.
- V. jugularis interna: Hier wurde der Punktionsort lateral der A. carotis, caudal der Kreuzungsstelle zwischen V. jugularis externa und des M. sternocleidomastoideus gewählt.
- V. femoralis: Dieses Gefäß wurde ca. 1 cm medial der A. femoralis, caudal des Leistenbandes punktiert.
  Dabei wurde dieser Applikationsort mit einer Ausnahme ausschließlich zur Applikation von Pulmonalarterienkathetern verwendet.

Auf eine genaue Beschreibung der Punktionskautelen kann verzichtet werden, da diese als bekannt vorausgesetzt werden dürfen.

1.3. Hygienische Maßnahmen bei der Punktion

Jede Punktionsstelle wurde vor Punktion mit Phenylmercuriburat (Merfen) desinfiziert. Als weiterer Wirkstoff ist Isopropanol in Merfen enthalten.
Dabei wurde das Desinfektionsmittel durch Aufsprühen auf die Punktionsstelle aufgebracht.

Bei Patienten mit einer Merfenallergie wurde auf Alkohol zur Desinfektion zurückgegriffen.

Eine hygienische oder chirurgische Händedesinfektion fand nicht statt. Es wurde mit bloßen Händen punktiert. Lediglich bei Punktion mit dem AJ30-Set wurden die im Set enthaltenen sterilen Handschuhe angezogen und das Punktionsgebiet mit dem ebenfalls im Set enthaltenen Schlitztuch abgedeckt.

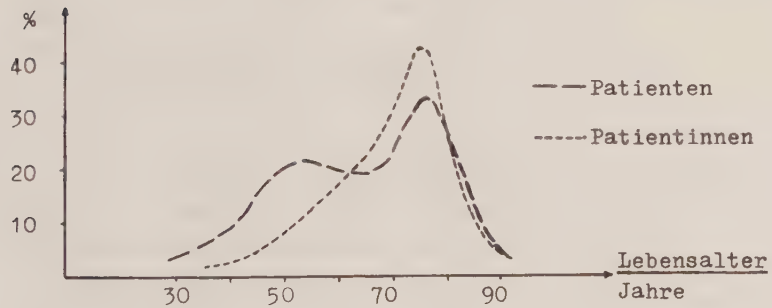
Der Verbandswechsel am Katheter fand bei Bedarf und regelmäßig an jedem 2. Tag statt. Dabei wurden keine besonderen Händedesinfektionsmaßnahmen getroffen.
Das Punktionsgebiet wurde mit sterilen Schlitz- und Normalkompressen abgedeckt. Ein Aufbringen desinfizierender Salben fand nicht statt.

Diese Maßnahmen fanden natürlich nur auf der IPS statt. Beim Punktieren aus akuter Indikation heraus (NAW-Katheter) wurde auf hygienische Maßnahmen nur in soweit Rücksicht genommen, als das vitale Interesse des Patienten nicht gegen zeitaufwendige Desinfektionsmaßnahmen stand.

1.4. Altersverteilung der Patienten

Die Altersverteilung der in dieser Arbeit untersuchten Patienten und Patientinnen ist in Abb. 6 dargestellt.
Der Altersgipfel beider Geschlechter lag zwischen dem 74. und 76. Lebensjahr.
Bei den Männern ergab sich ein zweiter, sog. Infarktgipfel zwischen dem 48. und 56. Lebensjahr.

Abb. 6: Altersverteilung der Patientinnen und Patienten auf der IPS in %



2. Katheterverteilung

2.1. Modellverteilung

Tab. 15 gibt die Verteilung der verschiedenen Kathetermodelle nach den verschiedenen Punktionsorten wieder und unterteilt in IPS- und NAW-Katheter.

Tab. 15: Zahl der in dieser Arbeit untersuchten Kathetermodelle

Punktionsort	Modell	1 Katheter IPS	1 Katheter NAW	mehr als 1 Katheter IPS	mehr als 1 Katheter NAW
V. basilica	stc	211	17	92	42
	cfc	42	1	44	2
	cfc-S	27	3	20	1
	andere	0	1	27	1
		280	22	183	46
V. subclavia	cfc	46	7	0	1
	cfc-S	4	1	0	0
	andere	2	0	5	5
		52	8	5	6
V. jug. int.	AJ30	90	0	51	2
	andere	2	0	8	0
		92	0	59	2
V. femoralis	andere	0	0	24	0
		0	0	24	0
	gesamt	424	30	271	54

Dabei verteilten sich die 38 auf der IPS gelegten und unter "andere" subsumierten Pak wie folgt:
23 mal V. femoralis, 12 mal V. basilica und 3 mal V. subclavia.

Die 19 passageren SM-Sonden, ebenfalls nur auf der IPS gelegt und unter "andere" subsumiert, verteilten sich folgendermaßen:
11 mal V. basilica, 7 mal V. jugularis interna und 1 mal V. subclavia.
Sowohl die Pak als auch die passageren SM-Sonden lagen nur zeitgleich mit anderen zentralvenösen Kathetern.

2.2. Katheterzahl pro Patient

Die während des Untersuchungszeitraumes beobachteten 779 Katheter entfielen auf 604 Patienten. Dabei hatten 454 Patienten einen, 150 Patienten mehrere Katheter.
Die 325 Katheter, die auf 150 Patienten entfielen, lagen zeitgleich oder in Folge.
Zeitgleiche Katheter sind solche, die zur selben Zeit demselben Patienten einliegen. Dabei wurde auf die Plazierung mehrerer Katheter über dieselbe Vene, wie von HESS et al. (30) beschrieben, verzichtet. Katheter in Folge sind solche, die nacheinander, also in zeitlicher Folge dem Patienten appliziert wurden.

Dabei erfolgte die Verteilung der Katheter pro Patient wie in Tab. 16 dargestellt.

Tab. 16: Katheterzahl pro Patient

1 Katheter pro Patient	454	
2 Katheter zeitgleich pro Patient	53	58
3 Katheter zeitgleich pro Patient	5	
2 Katheter in Folge pro Patient	75	92
3 Katheter in Folge pro Patient	14	
4 Katheter in Folge pro Patient	3	
	604	

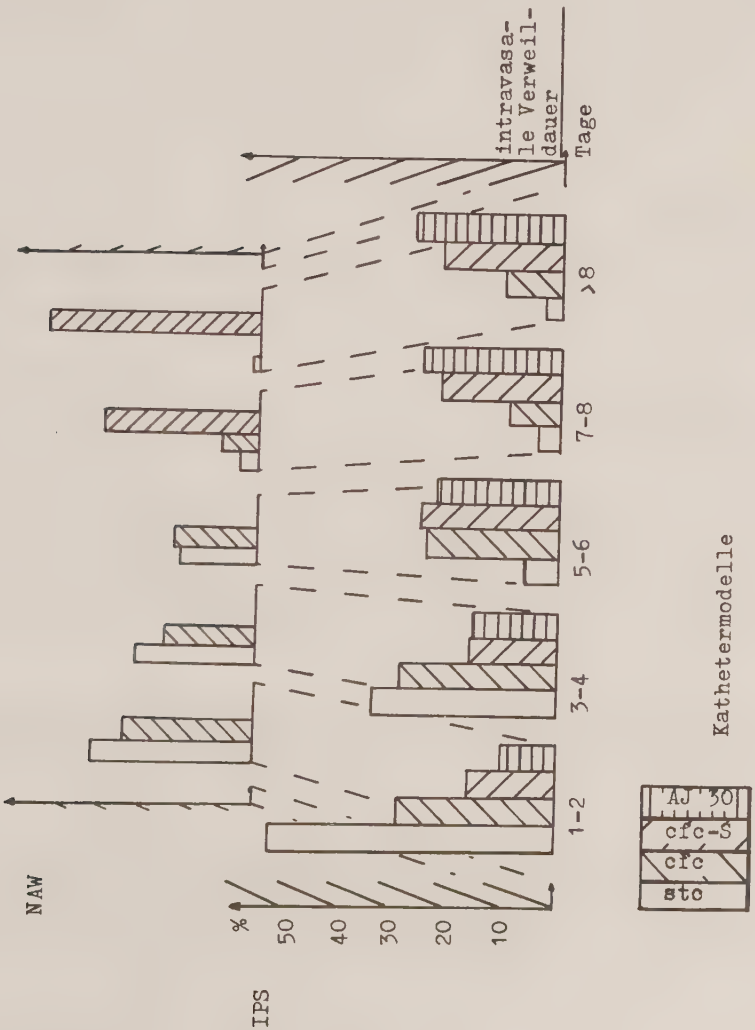
2.3. Intravasale Verweildauer der verschiedenen Katheter-modelle

Unterschiede in der intravasalen Verweildauer der verschiedenen Kathetermodelle ergaben sich schon insofern, als der AJ30 nicht als NAW-Katheter eingesetzt wurde, von 2 Ausnahmen abgesehen. Auch der cfc-S wurde nur im Ausnahmefall als NAW-Katheter eingesetzt. Die indirekte Punktionstechnik ist bei akuter Lebensgefahr für den Patienten zu zeitaufwendig.

Von allen stc lagen auf der IPS rund 87 % nur 4 Tage ein, nur 7 % lagen länger als 6 Tage. Ein ähnliches Bild zeigte die Verweildauer der NAW-stc.
Der cfc verteilte sich auf die ersten 4 Tage mit 50 %, 19 % lagen als IPS-Katheter länger als 6 Tage. Ein beinahe identisches Bild zeigte die Verteilung der NAW-cfc.
Der cfc-S hingegen lag vorwiegend längere Zeit ein. Auf der IPS lagen 44 %, bei den NAW-Kathetern sogar alle cfc-S länger als 6 Tage.
Ein ähnliches Bild bot der AJ30. Auch er lag überwiegend längere Zeit ein (52 % länger als 6 Tage).

Eine Darstellung der unterschiedlichen intravasalen Verweildauern erfolgt in Abb. 7.

Abb. 7: Intravasale Verweildauer der verschiedenen Kathetermodelle in %, getrennt nach IPS- und NAW-Kathetern



3. Komplikationen

3.1. Punktionskomplikationen

3.1.1. Fehlpunktionen

Insgesamt wurde in 12,1 % der Katheterungen mehrfach punktiert (Tab. 17). Dabei liegt zwar die Fehlpunktionsrate der IPS-Katheter mit 11,4 % geringfügig, aber nicht signifikant unter der der NAW-Katheter mit 17,9 % (Anhang 1.1.1.).
In 3 Fällen gelang keine Punktion, und es wurde jeweils an der V. basilica eine Venae sectio zur Katheterung vorgenommen. Dabei wurde in 2 Fällen ein stc, einmal ein cfc eingelegt.

Tab. 17: Fehlpunktionen in % mit dem IPS- und NAW-Katheter (Anhang 1.1.1.)

Fehlpunktionen		1	2	3	Venae sectio	n
Punktions-	IPS	6,6	2,8	1,6	0,4	695
indikation	NAW	8,5	4,9	4,5	0,0	84

Dabei differieren auch die Fehlpunktionshäufigkeiten an den verschiedenen Punktionsstellen. Am häufigsten wurde die V. jugularis interna mit 14,4 % fehlpunktiert, gefolgt von der V. basilica mit 12,6 % und der V. subclavia mit 5,6 % Fehlpunktionen (Anhang 1.1.3.).

Die Fehlpunktionsrate des stc lag bei 16,6 %, die des cfc bei 4,9 %, die des AJ30 bei 14,0 % und die des cfc-S bei 1,8 %.

Diese signifikanten Unterschiede (Anhang 1.1.2.) dürfen nicht als echte, materialbedingte Unterschiede gewertet werden, da das Kollektiv der punktierenden Ärzte uneinheitlich war.

Interpretation:

Daß eine Interpretation der Fehlpunktionen hinsichtlich des Materials und der Punktionsstellen wenn nicht unzulässig, so doch zumindest statistisch bedenklich ist, ergibt sich schon aus den Differenzen bei der Aufschlüsselung der Zahlen nach Material und Punktionsstelle. So wurde die Fehlpunktionsrate bei der Jugularis-interna-Punktion als nicht signifikant different gegen andere Punktionsstellen errechnet, die die Fehlpunktionen im Jugularis-interna-Bereich zu 93 % tragenden Katheter (AJ30) aber als signifikant unterschiedlich zu den anderen Kathetermaterialien ermittelt.

Neben den bekannten Einflußgrößen auf die Fehlpunktionsrate, wie beispielsweise Größe des zu punktierenden Gefäßes und exakte, äußerlich erkennbare anatomische Gegebenheiten, spielte auch die nicht erfaßte Einflußnahme des Erfahrungswertes des punktierenden Arztes eine Rolle.

Auf die Differenz der Fehlpunktionshäufigkeit zwischen IPS- und NAW-Kathetern hatte der Erfahrungswert der punktierenden Ärzte keinen Einfluß, da alle auf der Station tätigen Ärzte auch reihum Dienst auf dem Notarztwagen hatten.

Nur in Ausnahmen wurde für den NAW-Katheter die V. jugularis interna als Zugangsort gewählt, relativ selten die V. subclavia.

Die hohe Fehlpunktionsrate der NAW-Katheterungen ist also überwiegend auf den gerade bei NAW-Katheterisierungen herrschenden Zeitmangel zurückzuführen.

Zudem ist gerade bei geschockten Patienten mit einer Kreislaufzentralisation eine Fehlpunktion der überwiegend bei NAW-Katheterungen verwendeten V. basilica "vorprogrammiert".

3.1.2. Pneumothorax

Die 3 beobachteten, iatrogenen Pneumothoraci traten ausschließlich bei Punktionsversuchen der V. subclavia im NAW auf.
Das ist eine Quote von 21,4 % der NAW-Subclavia-Katheterungen und entspricht einer Rate von 4,2 % bezogen auf alle Subclavia-Katheterungen (Anhang 1.2.1.).

Interpretation:

Der iatrogene Pneumothorax ist unter punktionsgerechten Umständen vermeidbar. Allerdings wurde bei den IPS-Subclavia-Katheterungen eine Punktion der V. subclavia bei älteren Patienten weitestgehend vermieden. Das senkt natürlich das Risiko eines iatrogenen Pneumothorax, da bei älteren Patienten die erhöhte Gefahr eines Emphysemthorax besteht, und damit bei Punktion im Gebiet der V. subclavia die Verletzungsgefahr der Pleurakuppel steigt.

Alle drei beobachteten Pneumothoraci verliefen ohne weitere Komplikationen für den Patienten. In zwei Fällen mußte durch eine Bülau-Saugdrainage interveniert werden, in einem Fall handelte es sich um einen nicht therapiebedürftigen sog. Mantelpneumothorax.

3.1.3. Andere

Arterielle Fehlpunktionen traten nur zweimal im Bereich der V. jugularis interna auf. Durch rechtzeitige Kompression der Punktionsstelle entstand außer kleineren Hämatomen kein Schaden für den Patienten.
Eine weitere, nicht genau verifizierte arterielle Fehlpunktion trat nach einem Punktionsversuch der V. femoralis auf. Auch diese fragliche arterielle Fehlpunktion hinter-

ließ nach sofortiger Kompression mittels eines "Sandsackes" keine weiteren Spuren an dem Patienten.

Andere Punktionskomplikationen konnten nicht beobachtet werden.

3.2. Fehlpositionierung des Katheters
3.2.1. Fehllagen zu lang und Aberrationen

17,5 % der zentralvenösen Katheterungen verliefen nicht regelhaft. Die Sonde wies bei der röntgenologischen Lagekontrolle größere oder kleinere Fehllagen auf.

Dabei spielte es keine Rolle, ob der Katheter auf der Intensivstation oder im Notarztwagen gelegt wurde (Anhang 2.1.1.).

Korrigiert man die Fehllagen, wie von BURRI und GASSER (9) vorgeführt, um die im rechten Vorhof liegenden und somit leicht zu korrigierenden Katheter, so verbleiben 66 (9,1 %) Fehllagen bei 722 Katheterungen.

Die zu lang eingelegten Katheter wurden um die radiologisch ermittelte Fehllagenlänge in allen Fällen problemlos korrigiert.

Nur in drei Fällen gab es während der Passagezeit durch das rechte Herz katheterinduzierte Arrhythmien. Diese in Form von Extrasystolen aufgetretenen Arrythmien bedurften in keinem Fall einer Intervention, da sie nach Passieren der Katheterspitze sofort und von selbst sistierten.

Eine Abhängigkeit der Fehllagen vom Applikationsort des Katheters konnte nicht nachgewiesen werden (Anhang 2.1.2.).

Aberrationen der Katheterspitze in andere Gefäße wurden nur einmal beobachtet. Dabei "verirrte" sich die Katheterspitze nach einer Subclaviapunktion in die kontralaterale V. jugularis interna. Interessanterweise handelte es sich um einen cfc, bei dem vor Plazierung der Mandrin gezogen worden war.
In den Zahlen nicht enthalten sind die Pak und passageren SM-Sonden, da diese i.d.R. unter röntgenologischer "Direktsicht" eingelegt wurden.

Interpretation:

Überraschenderweise gab es kaum Komplikationsunterschiede hinsichtlich der Sondenplazierung zwischen den Katheterisierungsversuchen auf der Intensivstation und dem Notarztwagen. Auch die Wahl des Punktionsortes zeigte in dieser Hinsicht keinen Einfluß.

Zurückzuführen ist diese Tatsache insbesondere darauf, daß i.d.R. eine "Lagekontrolle" mittels des Mandrins bzw. der Führungssonde wie auf S. 15 beschrieben durchgeführt wurde. Diese mit einer geringen Fehlerbreite behaftete Methode erklärt auch den Unterschied zwischen unkorrigierten (17,5 %) und korrigierten Fehllagen (9,1 %). Die im rechten Atrium liegenden Katheterspitzen liegen im Rahmen der Irrtumsmöglichkeit bei der Vermessung des Katheters mit dem Mandrin.
Bei den stc wurde die Strecke Applikationsort-V. cava superior in cm geschätzt und beim Vorschieben des Katheters auf die am Katheter vorhandene Längenmarkierung geachtet.

Da Aberrationen insbesondere von der Elastizität des Katheterma terials abhängig sind, ist auch die Tatsache nicht

verwunderlich, daß bei der einzigen Aberration, die im Untersuchungszeitraum zu sehen war, das Kathetermaterial aus PUR bestand.
Da der cfc durch den inliegenden Mandrin seine Stabilität zum Vorschieben erhält, konnte es nach der vorzeitigen Entfernung des Mandrins leicht zu einer Richtungsänderung der sehr weichen Katheterspitze und damit zu einer Aberration kommen.

3.2.2. Fehllagen zu kurz

In 8,2 % der Fälle wurde ein Katheter nicht bis zur V. cava superior vorgeschoben (Anhang 2.2.1.).
Dabei ergab sich kein Unterschied, ob es sich um einen IPS- oder NAW-Katheter handelte.
10 der 59 nicht zentralen Katheterfehllagen ergaben sich aus der übermäßigen Korrektur eines zu lang einliegenden Katheters oder nach Korrektur einer Schlingenbildung.

Interpretation:

Ein recht hoher Anteil der zentralen Venenkatheter wurde nicht weit genug vorgeschoben. Das geschah überwiegend aus Unkenntnis der intravasalen Länge beim Vorschieben des Katheters. Die Markierungen aller Katheter, insbesondere des cfc, sind sehr dürftig und schlecht abzulesen. Ist ein zentraler Zugang erforderlich, so muß in diesen Fällen erneut katheterisiert werden, was ein entsprechend höheres Risiko insbesondere bei der Entstehung von Lagekomplikationen für den Patienten mit sich bringt.

Auf eine nachträgliche Korrektur der nicht zentral liegenden Katheter wurde auf der IPS verzichtet, da nach der Lagekontrolle keine ausreichende Sterilität des extrakorporalen Teils des Katheters gewährleistet war.

3.2.3. Schlingenbildung

Insgesamt konnte bei 648 Katheterungen in 5 Fällen eine Schlingenbildung beobachtet werden. Dabei trat die Schlinge in 4 Fällen beim cfc, einmal beim AJ30 auf.
Resultierende Komplikationen ergaben sich nicht, da die Schlinge durch vorsichtiges Zurückziehen des Katheters jeweils gelöst werden konnte. Allerdings lagen danach 4 der 5 Katheter nicht mehr zentral.

Interpretation:

Die Schlingenbildung ist wie die Aberration von der Weichheit des Katheters abhängig. So verwundert es nicht, daß von den 4 cfc-Schlingen in allen Fällen der cfc ohne Mandrin zum Zeitpunkt der Schlingenbildung war und auch die Führungssonde des AJ30 nur wenige Zentimeter intrakorporal lag, so daß der obere Katheterteil ohne die Stabilität der Sonde war.

Eine Bestätigung der Schlingenbildung vornehmlich bei weichem Kathetermaterial ist darin zu sehen, daß der stc als rigidester Katheter keinerlei Schlingen entwickelte.

3.2.4. Andere

Andere Komplikationen einer Fehlpositionierung des Katheters konnten nicht beobachtet werden.

3.3. Lagekomplikationen

3.3.1. Asymptomatische Keimbesiedelung

3.3.1.1. Zahl der Katheter pro Patient

Durchschnittlich wurden 44,7 % der Katheter asymptomatisch besiedelt. Tab. 18 zeigt den Unterschied in der asymptomatischen Keimbesiedelungshäufigkeit bei einem bzw. mehreren Kathetern (Anhang 3.1.1.a und b).
Nicht untersucht wurden dabei die passageren SM-Sonden und Pak, da diese als Mehrwegartikel nicht zur Erreger- und Resistenzbestimmung an das mikrobiologische Institut der Klinik eingesandt werden konnten.

Tab. 18: Asymptomatische Keimbesiedelung bei einem bzw. mehreren Kathetern pro Patient in %

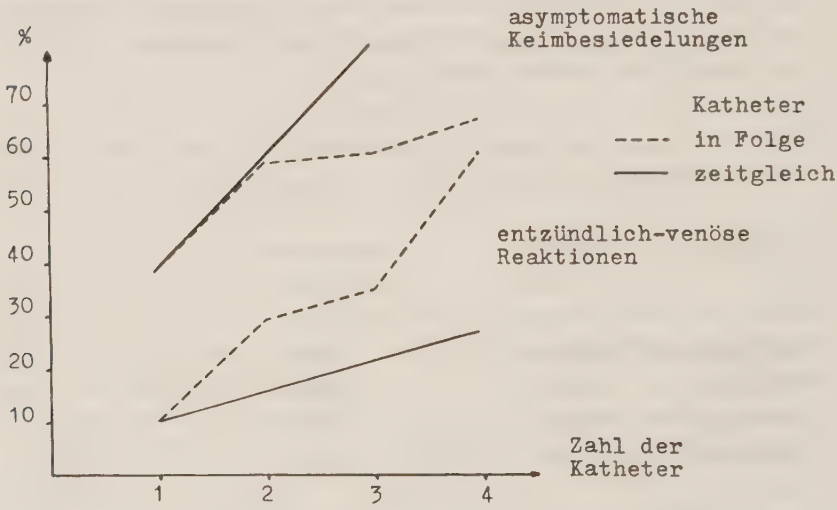
Katheter pro Patient	Keimbesiedelung	(Anhang)
1	38,8	
2 zeitgleiche Katheter	60,0	
3 zeitgleiche Katheter	80,0	(3.1.1.a)
2 Katheter in Folge	58,8	
3 Katheter in Folge	60,0	
4 Katheter in Folge	66,6	(3.1.1.b)

Dabei zeigten die zeitgleichen Katheter eine stärkere Kontaminationszunahme mit steigender Katheterzahl als die Katheter in Folge (Abb. 8).

Indikationen für die Plazierung mehrerer zeitgleicher Katheter waren:
- zentralvenöse Infusion verschiedener, nicht mischbarer Lösungen.
- zentralvenöser Zugang bei gleichzeitiger Indikation für einen Pak oder eine passagere SM-Sonde.

Gründe für die Plazierung mehrerer Katheter in Folge waren in erster Linie die Entwicklung von Lagekomplikationen, nicht zentrale Lage des erstgelegten Katheters, Verstopfung oder die Selbstentfernung des Katheters durch den Patienten.

Abb. 8: Asymptomatische Keimbesiedelungen und entzündlich-venöse Reaktionen bei Mehrfachkathetern



Interpretation:

Betrachtet man die Steigung der Zunahme der Keimkontamination bei den zeitgleichen Kathetern, so findet man eine lineare Steigung mit dem Faktor 1,5 pro Katheter.

Hier scheint es sich um einen additiven Effekt zu handeln. Mit steigender Katheterzahl steigt auch die Zahl der möglichen Eintrittspforten für Keime.

Bei den Kathetern in Folge findet sich bei mehr als 2 Kathetern ebenfalls eine Zunahme, die aber nicht linear und nicht so stark wie bei den zeitgleichen Kathetern und 2 Kathetern in Folge ist.

Wie u.a. steigt die Keimkontamination auch mit zunehmender Verweildauer der Katheter, und Katheter in Folge können quasi als ein länger einliegender Katheter angesehen werden.

Die im Vergleich mit der Literatur (3,9,21,49,51,74,81) sehr hohe Gesamtbesiedelungsrate mit asymptomatischen Keimen von durchschnittlich 44,7 % kann mit nicht ausreichender Desinfektion der Haut am Punktionsort zusammenhängen. Insbesondere das Sprühverfahren zur Aufbringung der Desinfektionslösung scheint nicht geeignet, auch Keime in Schründen der Haut oder an Haarwurzeln abzutöten. Ein Beweis dieser Vermutung müßte allerdings in Form einer entsprechenden Studie erst noch erbracht werden.

Einen geringen Anteil an der asymptomatischen Keimbesiedelung haben auch andere Keimeintrittspforten. Besonders die Zumischung von Arzneimitteln in die Infusionslösungen, Mehrweghähne, Zusatzinjektionen und Wechsel der Infusionsflaschen (s.S. 21f.) waren nicht vermeidbar.

3.3.1.2. Materialabhängigkeit

Je nach verwendetem Kathetermodell fiel die Kontaminationsrate unterschiedlich aus. Dabei wiesen der AJ30 eine Keimbesiedelung von 57,4 %, der stc von 43,9 %, der cfc von 41,5 % und der cfc-S von 24,3 % auf (Anhang 3.1.2.).

Interpretation:

Diese Unterschiede lassen sich auf mehrere Ursachen zurückführen. So ist die Kontamination von der intravasalen Verweildauer der Katheter abhängig (s.u.). Der AJ30 liegt durchschnittlich am längsten ein. Außerdem wird mit dem AJ30 in einem der Desinfektion schlecht zugänglichen Gebiet punktiert (Haare; weiches, häufig mit Fältchen versehenes Gebiet). Zuletzt läßt die rel. rauhe Oberfläche des PE-AJ30 die asymptomatische Keimbesiedelung ansteigen, da die Adhäsion der Keime mit der Rauheit der Katheteroberfläche zunimmt (s.S. 25).
Das rel. günstige Abschneiden des cfc-S im Vergleich mit den anderen Kathetermodellen ist insbesondere auf die wesentlich gründlichere Vorbereitung der Punktionsstelle zurückzuführen, wenn nach der Seldinger-Technik punktiert wird. Eine Rolle spielt dabei auch das der Desinfektion gut zugängliche Gebiet in der regio cubitalis.

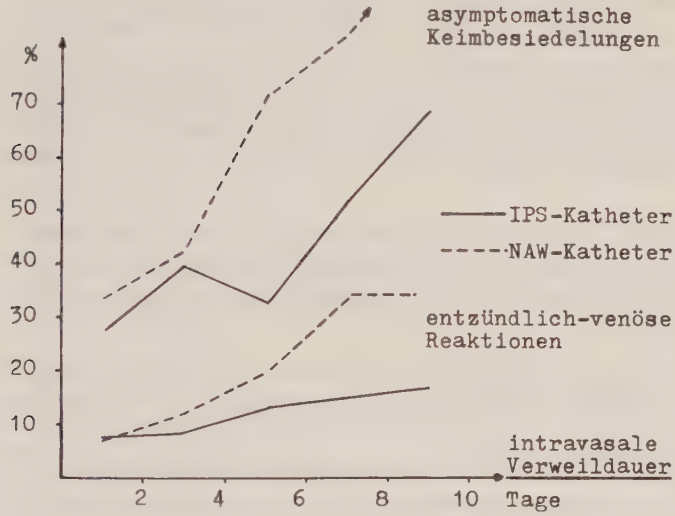
3.3.1.3. Intravasale Verweildauer der Katheter

Die Abhängigkeit der Kontaminationsquote von der intravasalen Verweildauer geben die Tab. 19 und Abb. 9 wieder. Auffallend ist dabei die anfangs geringe, nach dem 4. Verweiltag starke Divergenz zwischen IPS- und NAW-Kathetern.

Tab. 19: Asymptomatische Keimbesiedelung in Abhängigkeit von der intravasalen Verweildauer der Katheter in % (Anhang 3.1.3.a und b)

intravasale Verweildauer in Tagen	Keimbesiedelung der Katheter IPS	NAW
1-2	27,3	33,3
3-4	39,5	42,1
5-6	32,4	72,7
7-8	52,7	83,3
>8	69,6	100,0

Abb. 9: Asymptomatische Keimbesiedelungen und entzündlich-venöse Reaktionen bei unterschiedlicher Verweildauer von Kathetern



Interpretation:
Die im Vergleich mit der Literatur (3, 9, 21, 49, 51, 74, 81) recht hohe Kontaminationsrate über den gesamten Zeitraum ist überwiegend auf eine nicht ausreichende Punktionshygiene zurückzuführen. HORISBERGER (in 8) findet bei "normaler" Desinfektion in 54 % der Katheter, bei strenger Asepsis in nur 12,2 % der Katheter eine asymptomatische Keimbesiedelung. In dieser Untersuchung fanden sich immerhin durchschnittlich 44,7 % Kontamination.

Dabei fällt sowohl beim NAW- als auch beim IPS-Katheter die positive Korrelation der Keimbesiedelung zur intrava-

salen Verweildauer der Katheter auf. Sie ist Folge der mit zunehmender Verweildauer steigenden Wahrscheinlichkeit einer Keimeinwanderung durch die bekannten Eintrittspforten. Neben den Eintrittspforten wie Mehrweghähne, Zusatzinjektionen etc. (s.S. 21 f.) spielt insbesondere der nicht unter aseptischen Bedingungen vorgenommene Verbandswechsel an der Punktionsstelle eine Rolle.

Der Unterschied in der Besiedelungshäufigkeit zwischen IPS- und NAW-Kathetern ist vorwiegend auf die geringere Punktionshygiene beim Legen des NAW-Katheters zurückzuführen.
Das vitale Interesse des Patienten hat hier wohlbegründet Vorrang vor längeren Desinfektionsmaßnahmen.

Dabei zeigt die Differenz der asymptomatischen Keimbesiedelung zwischen IPS- und NAW-Kathetern ihre höchsten Werte ab dem 4. Tag post punctionem. Dieses spricht am ehesten für eine Keiminkorporation aus dem Punktionsgebiet nicht durch die Punktion, sondern durch Ascension der Keime am liegenden Katheter. Lt. Auskunft der Mitarbeiter des Mikrobiologischen Instituts der Klinik brauchen insbesondere Staphylokokken etwa 3-5 Tage, um durch Ascension die Katheterspitze zu erreichen. Somit kann auch die Differenz zwischen IPS- und NAW-Kathetern erst ab dem 3.-5. Tag zum Tragen kommen.
Die Differenz bereits an den ersten Tagen ist wesentlich geringer als nach dem 4. Tag und läßt sich durch die vermehrte Keiminkorporation per punctionem erklären.

3.3.1.4. Geschlecht der Patienten

Keinen Unterschied gab es in der Keimbesiedelungsfrequenz, wenn man die Katheter bei den männlichen und weiblichen Patienten betrachtet.

Die Kontaminationsrate betrug bei den Männern 44,6 %, bei den Frauen 44,8 % via Katheter (Anhang 3.1.4.).

3.3.1.5. Alter der Patienten

Einfluß auf die Häufigkeit der asymptomatischen Keimbesiedelung nahm allerdings das Alter der Patienten. Mit steigendem Alter stieg auch die Kontaminationsfrequenz (Tab. 20) (Anhang 3.1.5.).

Tab. 20: Asymptomatische Keimbesiedelung der Katheter bei verschiedenen Altersgruppen der Patienten in %

Lebensjahre	Katheterkeimbesiedelung
≤ 40	20,5
41 - 60	31,8
61 - 80	49,6
> 80	79,0

Interpretation:

Wie erwartet stieg mit zunehmendem Alter die Keimbesiedelungshäufigkeit der Katheter, da mit zunehmendem Alter auch die Morbiditätsneigung zu-, die Abwehrleistungsfähigkeit des Organismus hingegen abnimmt.

3.3.1.6. Grunderkrankungen der Patienten

Bei der Aufschlüsselung der asymptomatischen Katheterkeimbesiedelung nach den Grunderkrankungen der Patienten ergaben sich folgende Zahlen (Tab. 21)(Anhang 3.1.6.).

Tab. 21: Katheterkeimbesiedelung nach den Grunderkrankungen der Patienten in %

Grunderkrankung	keimbesiedelte Katheter	Grunderkrankung	keimbesiedelte Katheter
Myokardinfarkt	49,0	Intoxikation	40,4
Koronare Herzerkrankung	44,4	hypertensive Krise	45,0
Cor hypertonicum	47,4	Pneumonie	56,3
Cor pulmonale	46,7	Status asthmaticus	30,0
Vitium cordis	50,0	sonst. extrakardiale Erkrankungen	35,3
Lungenarterienembolie	29,4		
Myocarditis	63,6		
sonst. Herzerkrankungen	41,7		
ges. Durchschnitt	47,1	ges. Durchschnitt	39,8

Interpretation:

Eine Graduierung der Grunderkrankungen der Patienten schien nicht sinnvoll, da es sich bei allen in dieser Studie untersuchten Katheterträgern um Intensivpatienten handelte, mithin ein jeweils schwerer bzw. schwerster Grad der Grunderkrankung vorlag.

Betrachtet man die Katheterkeimbesiedelung in Abhängigkeit von der Grunderkrankung, zeigen sich zwar Unterschiede, die allerdings statistisch nicht signifikant sind.

3.3.1.7. Keimarten

Zum überwiegenden Teil fanden sich bei den asymptomatisch keimbesiedelten Kathetern normale Keime der Hautflora (Tab. 22).

Tab. 22: Keimarten bei asymptomatisch besiedelten Kathetern (n = 226)

Keimart	Zahl der besiedelten Katheter	Keimbesiedelung in %
gram+, koagulase-Staphylokokken	188	83,2
S. aureus	24	10,6
Corneybakterien	2	0,9
Pseudomonas aeruginosa	1	0,4
Enterobacter	5	2,2
Klebsiellen	1	0,4
Candida albicans	5	2,2

Interpretation:

Diese Keimverteilung spricht am ehesten für eine Kontamination per punctionem oder durch Ascension der Keime aus dem Punktionsgebiet, da sich überwiegend Hautkeime finden. Ebenfalls möglich ist eine Inkorporierung von Keimen, die von der Haut des Arztes oder Pflegepersonals durch ungenügende Hygiene während der Punktion oder des Verbandwechsels stammen.

Somit bleibt festzuhalten, daß die asymptomatische Keimbesiedelung der Katheter positiv korreliert mit:
- steigender Katheterzahl pro Patient.
- Verwendung ungünstigen Kathetermaterials.
- mangelnder Desinfektion der Punktionsstelle.
- steigender intravasaler Verweildauer der Katheter.
- steigendem Lebensalter der Patienten.

3.3.2. Entzündlich-venöse Reaktionen

Insgesamt traten 91 entzündlich-venöse Reaktionen bei 779 Katheterungen auf, das sind 11,7 %. Dabei verteilten sich die 91 entzündlich-venösen Reaktionen auf 33 Phlebitiden, 39 Thrombophlebitiden, 7 Entzündungen der Punktionsstelle und 12 "unklare" Temperaturerhöhungen.

3.3.2.1. Zahl der Katheter pro Patient

Wie die Keimbesiedelung zeigen auch die entzündlich-venösen Reaktionen mit steigender Katheterzahl eine Zunahme. Während sich bei den Einzelkathetern eine Quote von 10,8% findet, steigen die entzündlich-venösen Reaktionen bei zwei und mehr zeitgleichen Kathetern auf 19,0 % (Anhang 3.2.1.a).
Bei zwei Kathetern in Folge steigt die Komplikationsrate auf 29,3 %, bei 3 und mehr Kathetern in Folge auf 52,9% (Anhang 3.2.1.b), (s.a. Abb. 8, S. 68).

Interpretation:

Bei den zeitgleichen Kathetern liegt der Zunahme der entzündlich-venösen Reaktionen mit steigender Katheterzahl sicherlich ein einfacher additiver Effekt zu Grunde.
Vergleichbar den asymptomatisch-keimbesiedelten, zeitgleichen Kathetern findet sich eine lineare Steigung der Frequenz der entzündlich-venösen Reaktionen mit steigender Katheterzahl. Bei den zeitgleichen Kathetern ist wahrscheinlich vorwiegend die Keiminkorporation für die Entwicklung der entzündlichen Venenreaktionen verantwortlich. Wie bei den keimkontaminierten Kathetern kommt es bei mehreren Kathetern zu einem Additionseffekt der Keimeintrittspforten und somit zu einem additiven Effekt der entzündlichen Venenreaktionen.
Bei den Kathetern in Folge tritt zu dem bakteriellen Reizeffekt noch der mechanische. Jeder Katheter setzt einen Reiz zur Ausbildung einer Venenreaktion. Dabei kann dieser Reiz unterschwellig sein und damit nicht zur Venenreaktion führen, oder er reicht zur Ausbildung der Venenreaktion aus.
Bei den Kathetern in Folge scheint dieser Reiz auch nach Entfernung der Katheter weiterzuwirken und führt so durch einen Summationseffekt der Reize bei mehreren Kathetern gehäuft zur Ausprägung einer venösen Reizung.

Auch hier könnten mehrere Katheter in Folge wie ein länger einliegender Katheter wirken. Da mit steigender intravasaler Verweildauer auch die mechanische Reizung der Vene zunimmt, kommt es somit zu einer häufigeren Ausprägung einer venösen Reizreaktion.

3.3.2.2. Materialabhängigkeit

Eine materialbedingte Abhängigkeit in der Häufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen konnte nicht nachgewiesen werden (Anhang 3.2.2.).

Interpretation:

Aufgrund des relativ ungünstigen Materials PE wäre eine höhere venöse Reizreaktionsrate beim AJ30 zu erwarten gewesen. Der Materialnachteil scheint aber durch den Vorteil der indirekten Punktion und das große Lumen der V. jugularis interna kompensiert zu werden.

Ein Problem bei der Erkennung der entzündlich-venösen Reaktionen, welches die Aussagekraft der gefundenen Werte stark beeinträgt, ist folgendes:
Während bei der V. basilica aufgrund des relativ subcutanen Verlaufes entzündliche Reaktionen sehr früh und in "milden" Stadien bereits erkannt werden, ist das Erkennen der venösen Reizreaktion bei den rel. profund liegenden Gefäßen wie der V. jugularis interna oder der V. subclavia nicht immer möglich.

Das zur Materialabhängigkeit Gesagte gilt ebenfalls für die Aufschlüsselung der Zahlen nach dem Applikationsort des Katheters (Anhang 3.2.3). Auch hier war eine signifikante Erhöhung der Reizreaktionen bei den Kathetern via

V. basilica erwartet worden, konnte aber nicht bestätigt werden. So konnten bei Einzelkathetern via V. basilica in 11,9 %, bei der V. jugularis interna in 12,0 % der Fälle eine entzündlich-venöse Reaktion beobachtet werden.

3.3.2.3. Intravasale Verweildauer der Katheter

Wie bei der asymptomatischen Keimbesiedelung zeigen auch die entzündlich-venösen Reaktionen eine Abhängigkeit von der intravasalen Verweildauer (Anhang 3.2.4.a und b) (Tab. 23 und Abb. 9, S. 71).
Ebenso findet sich diese Zunahme auf einem höheren Niveau bei den NAW-Kathetern im Vergleich mit den IPS-Kathetern (Tab. 23 und Abb. 9, S. 71).

Tab. 23: Prozentuale Verteilung der entzündlich-venösen Reaktionen bei den IPS- und NAW-Kathetern bei unterschiedlicher intravasaler Verweildauer

intravasale Verweildauer in Tagen	entzündlich-venöse Reaktionen IPS-Katheter	NAW-Katheter
1-2	7,8	7,1
3-4	8,5	11,5
5-6	13,2	20,0
7-8	15,4	33,3
> 8	17,1	33,3

Interpretation:

Die entzündlich-venösen Reaktionen werden durch zwei Komponenten verursacht: zum einen durch Keime, die einen Entzündungsreiz verursachen, zum anderen durch mechanische Irritationen der Vene.
Die geringfügig erhöhten Reizreaktionshäufigkeiten beim NAW-Katheter lassen sich in erster Linie durch die erhöhte

Keiminkorporation erklären (analog der asymptomatischen Keimbesiedelung s.S. 71).
Dafür spricht auch die mit einem Tag verzögert einsetzende, auffällig der NAW-Katheterkeimbesiedelung folgende Zunahme der entzündlich-venösen Reaktionen beim NAW-Katheter. Wenn die Keimascension um den 4. Tag die Katheterspitze erreicht, werden auch die Venenreaktionen mit einer gewissen Zeitverzögerung ansteigen.

Auch bei der mit der intravasalen Verweildauer zunehmenden venösen Reaktionsrate spielt sicherlich die Keimeinwanderung analog der Kontamination mit zunehmender Lagedauer der Katheter eine Rolle.
Aber auch der mechanische Reiz nimmt mit zunehmender Lagedauer der Katheter zu. Der Katheter wird durch jede Körperbewegung minimal bewegt und setzt so durch ein "Scheuern" an der Venenintima einen Reiz. Mit zunehmender Verweildauer des Katheters steigt natürlich auch die Reizung der Venenwand durch diese Bewegungen.

3.3.2.4. Geschlecht und Gewicht der Patienten

Analog der asymptomatischen Keimbesiedelung spielt das Geschlecht der Patienten hinsichtlich der Entstehungshäufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen keine Rolle. Bei den männlichen Patienten mit Katheter betrug die Rate der venösen Entzündungsreaktionen 11,2, bei den weiblichen Patienten 12,3 % (Anhang 3.2.5.).

Ebenfalls ohne Einfluß blieb das Körpergewicht auf die Quote der entzündlich-venösen Reaktionen. Bei den Normalgewichtigen fand sich eine venöse Entzündungsrate von 12,8 %, bei den Übergewichtigen von 12,5 % (Anhang 3.2.7.).

Interpretation:

Erwartungsgemäß hatten weder das Geschlecht noch das Körpergewicht einen Einfluß auf die Entstehungshäufigkeit der venösen Entzündungsreaktionen.

3.3.2.5. Alter der Patienten

Eine Abhängigkeit in der Entstehungshäufigkeit der entzündlich-venösen Reaktionen konnte nicht bestätigt werden (Tab. 24) (Anhang 3.2.6.).

Tab. 24: Prozentuale Verteilung der entzündlich-venösen Reaktionen in den verschiedenen Altersgruppen der Patienten

Lebensalter in Jahren	entzündlich-venöse Reaktionen
≤ 40	8,3
41 - 60	10,8
61 - 80	12,2
≥ 81	15,2

Interpretation:

Wie in Tab. 24 erkennbar, steigt zwar mit zunehmendem Alter der Patienten das Risiko einer entzündlich-venösen Reaktion, jedoch ist dieser Anstieg nicht signifikant, daher nicht verwertbar.

Während die mechanisch-irritative Komponente bei der Entstehung der entzündlich-venösen Reaktionen in diesem Falle eine untergeordnete Rolle spielen dürfte, war aufgrund der mit zunehmendem Alter steigenden Kontaminationsrate der Katheter (s.S. 73) mit Keimen auch eine signifikante Zunahme der entzündlich-venösen Reaktionen erwartet worden.

Dieses Ergebnis kann wohl nur mit einer statistisch nicht ausreichenden Zahlenmenge erklärt werden.

3.3.2.6. Keimverteilung

Ein überwiegender Teil der entzündlich-venösen Reaktionen wurde durch die bakterielle Komponente hervorgerufen. Bei diesem Teil gelang ein Keimnachweis.
Bei der mechanisch-irritativen Komponente gelang kein Keimnachweis (Tab. 25).

Interpretation:

Der Anteil der Keime der residenten Hautflora zeigt deutlich, daß zumindest der Anteil der bakteriell verursachten entzündlich-venösen Reaktionen durch bessere Hygiene beim Punktieren und bei der Katheterpflege erheblich gesenkt werden könnte.

Tab. 25: Keimbesiedelung bei Kathetern, die eine Phlebitis oder Thrombophlebitis auslösten

Keime		Phlebitis abs.	%	Thrombophlebitis abs.	%	ges.
ohne Bestimmung		7		8		15
ohne Wachstum	≙ 100	11	42,3	8	25,8	19
S. epidermidis		11	42,3	17	54,8	28
S. aureus		2	7,7	3	9,7	5
andere		2	7,7	3	9,7	5
		33		39		72

Festzuhalten bleibt, daß die entzündlich-venösen Reaktionen positiv korrelieren mit:
- der Zahl der Katheter pro Patient.
- der Lagedauer der Katheter.
- der Wahl einer ungünstigen Punktionsstelle.

3.3.3. Sepsis

Im Beobachtungszeitraum konnten 3 katheterinduzierte Septikämien beobachtet werden. Diese wurden je einmal durch den stc und cfc via V. basilica und einmal durch den AJ30 ausgelöst.
Nach Entfernung des Katheters und gezielter antibiotischer Behandlung konnten schwere Folgen für den Patienten vermieden werden.

Die die Sepsis verursachenden Keime waren je einmal S. epidermidis und S. aureus und einmal eine Mischinfektion aus Streptokokken und Candida albicans.

3.3.4. Thrombose

Eine Thrombose konnte bei den 604 beobachteten Patienten in keinem Fall klinisch festgestellt werden.

Autoptisch fanden sich aber bei 39 auf diese Komplikation untersuchten Patienten in 2 Fällen thrombotische Anlagerungen an den postmortal verbliebenen Kathetern.

Beide autoptisch nachgewiesenen Thrombosen wurden durch den AJ30 verursacht. Diese hinsichtlich der Thrombogenität ungünstigen Materialeigenschaften des PE-AJ30 werden auch in der Literatur nachgewiesen (55).

3.3.5. Andere

Verstopfung des Katheters: Von 704 zentralen Venenkathetern mußten 22 auf Grund der Verstopfung des Katheters vorzeitig entfernt werden (Anhang 3.5.1).
Die ungünstigen Materialeigenschaften des PE konnten allerdings nicht statistisch signifikant bestätigt werden.

Selbstentfernung des Katheters: In 31 von 779 Katheterungen (4 %) zogen sich die Patienten den Katheter selbst. Dabei verteilen sich die Selbstentfernungen gleichmäßig auf die verschiedenen Applikationsorte und Materialien (V. basilica: 23 mal, V. subclavia: 2 mal, V. jugularis interna: 6 mal).

In 29 der 31 Selbstentfernungen der Katheter mußte daraufhin ein neuer zentraler Zugang gelegt werden, mit dem erhöhten Komplikationsrisiko mehrerer Katheter in Folge. In 2 Fällen wurde auf eine erneute Katheterung verzichtet, da eine Fortführung einer zentralvenösen Therapie nicht mehr nötig schien.

V. Zusammenfassender Vergleich der IPS- und NAW-Katheter

Tab. 26: Unterschiede zwischen IPS- und NAW-Kathetern

		Katheter gelegt: IPS	NAW	Ges.
Folgekatheter nötig in		39,0 %	64,3 %	41,7 % der Fälle
durchschnittliche Verweildauer der Katheter (min-max.) in Tagen (d)	stc	2,9 d (0,5-14)	3,2 d (0,5-12)	3,0 d (0,5-14)
	cfc	4,4 d (0,5-16)	2,7 d (0,5-7)	3,9 d (0,5-16)
	cfc-S	6,1 d (1-18)	7,6 d (7-8)	6,3 d (1-18)
	AJ30	6,2 d (1-19)	-----	6,2 d (1-19)
	Pak	1,4 d (1-4)	-----	1,4 d (1-4)
Fehlpunktionen		11,4 %	17,9 %	12,1 %
Pneumothorax		0,0 %	21,4 %	4,2 %
Fehlpositionierung	zu lang	17,1 %	20,2 %	17,5 %
	zu kurz	8,0 %	9,5 %	8,2 %
	gesamt	23,5 %	29,8 %	24,2 %
asymptomatische Keimbesiedelung		43,6 %	51,6 %	44,7 %
entzündlich-venöse Reaktionen		11,2 %	15,5 %	11,7 %

Vergleicht man diese Ergebnisse miteinander, so kann festgestellt werden, daß der NAW-Katheter hinsichtlich jeder Komplikation schlechter als der IPS-Katheter abschneidet.

Verantwortlich dafür sind in erster Linie folgende Faktoren:

- Aus ungünstigen hygienischen Voraussetzungen beim Punktieren resultieren in erster Linie die erhöhten Kontaminationswerte.
- Die kürzere Verweildauer der NAW-Katheter wird voll durch die beinahe in jedem Falle nötigen Folgekatheter ausgeglichen. Daraus wiederum resultieren neben der höheren Keimbesiedelungsrate vor allem die höheren entzündlich-venösen Reaktionsraten beim NAW-Katheter.
- Die erhöhte Fehlpunktionsrate und die erhöhte Fehllagenquote spricht am ehesten für eine erhöhte Ablenkbarkeit und einen stärkeren Zeitdruck beim Punktieren und Einlegen des NAW-Katheters.
- Ebenfalls für die Ablenkbarkeit beim Legen des NAW-Katheters spricht das ausschließliche Auftreten eines iatrogenen Pneumothorax beim Applizieren eines NAW-Subclaviakatheters.

Diese Differenzen wären noch ausgeprägter, wenn man bei den IPS-Kathetern den AJ30 und die Pak außer Betracht lassen würde.

VI. Diskussion

Aus verständlichen Gründen wird es für wenig sinnvoll erachtet, das eigene Zahlenmaterial in extensio mit den Ergebnissen anderer Autoren vergleichen zu wollen.
Die Angaben der vorliegenden Literatur beziehen sich häufig auf wenige Komplikationen ohne eine nähere Spezifizierung, wie diese Komplikationen diagnostiziert wurden. Zudem fehlen i.d.R. Angaben über das verwendete Kathetermaterial oder den Punktionsort, beides Faktoren, die die Komplikationsraten nicht unwesentlich beeinflussen.

Ein Vergleich bietet sich in erster Linie mit den Sammelstatistiken an, welche vornehmlich von BURRI et al. (8-10) und NESSLER et al. (56-61) erarbeitet wurden.

Dabei kann auf eine dezidierte Betrachtung der vor 1977 veröffentlichten Ergebnisse verzichtet werden, da diese in der Arbeit von BURRI und AHNEFELD (8) zusammengefaßt sind.

1. Katheterung der V. basilica

Tab. 27: Komplikationen beim Basilica-Katheter

	Literatur 30 Autoren (8)n=8058	BURRI und AHNEFELD (8) n=1176	eigene n=531
Punktionsunmöglichkeit	4,07%	14,1%*	4,9%**/12,6%*
Fehllagen	9,47%	16,5%	15,9% (n=508)
entz.-ven. Reaktionen	12,70%	10,0%	13,7%
Sepsis	0,50%	0,06%	0,4%
Thrombose	7,64%	9,70%	0,0%
Embolie	0,16%	0,0%	0,0%

* : Jede Fehlpunktion, d.h. "jeder nicht zum Ziel führende Hautdurchstich" (8, S. 43) wurde gewertet

** : Jeder Wechsel des Applikationsortes nach frustranen Punktionsversuchen wurde gerechnet

Je nach Bewertungsmaßstab führten 4,9 % bzw. 12,6 % der Katheterungen nicht ad hoc zum Ziel.
Wertet man jeden nicht zum Ziel führenden Hautdurchstich, so findet sich im eigenen Patientengut eine mit 12,6 % der nicht gelungenen Katheterungen nur geringfügig niedrigere Quote als bei BURRI und AHNEFELD (8) mit 14,1 %.
Wertet man jeden Wechsel des Punktionsortes nach frustranem Punktionsversuch, so zeigen die eigenen Zahlen mit 4,9 % ebenfalls nur eine geringe Abweichung gegenüber den Sammelstatistiken (8) mit 4,07 %.
Diese Quote der Punktionsunmöglichkeiten läßt sich wohl nur durch entsprechendes Üben der punktierenden Ärzte senken.

Die Fehllagen entsprechen mit 15,9 % ebenfalls den von BURRI und AHNEFELD (8) gefundenen Zahlen mit 16,5 %. Sie liegen aber deutlich über denen der Sammelstatistiken (8) mit 9,47 %. Dabei wurden die eigenen Zahlen ebenso wie die von BURRI und AHNEFELD um die im rechten Vorhof mit der Katheterspitze fehlliegenden Katheter korrigiert. Im eigenen Zahlenmaterial sind außerdem die nicht zentralliegenden Katheter enthalten.
Rechnet man nur die zu lang einliegenden Katheter, so ergibt sich eine Fehllagenquote von 9,06 %, dies entspricht den Sammelstatistiken (8) mit 9,47%.

Bedenklich stark abweichend stellt sich die Quote der entzündlich-venösen Reaktionen mit 13,7 % im eigenen Patientengut gegenüber 12,7 % (Sammelstatistik 8) bzw. 10,0 % (8) dar.
Eine Ursache findet sich in dem rel. hohen Anteil von Mehrfachkathetern und in der Einrechnung der entzündlich veränderten Punktionsstellen und der "unklaren" Temperaturerhöhungen in das eigene Zahlenmaterial.
Rechnet man nur den Anteil der Einzelkatheter, so liegen die eigenen Ergebnisse mit 11,9 % entzündlich-venöser

Reaktionen im Literaturdurchschnitt. Bei Betrachtung nur der Phlebitiden und Thrombophlebitiden findet sich ein Durchschnitt im eigenen Patientengut von 11,6 %, ein Wert, der sich von 10,0 % (8) bzw. 12,7 % (Sammelstatistik 8) nur unwesentlich unterscheidet.

Die mit 0,4 % zu hohe Sepsisrate läßt sich wie die asymptomatische Keimbesiedelung und der bakterielle Teil der entzündlich-venösen Reaktionen durch verbesserte Desinfektionsmaßnahmen während der Punktion und Pflege der zentralen Sonde sicher senken. Diese Möglichkeit zeigen auch die mit 0,06 % erheblich günstigeren Ergebnisse von BURRI und AHNEFELD (8).

Ein großer, vor allem auf das verbesserte Kathetermaterial zurückzuführender Fortschritt ist das Fehlen von klinisch-manifesten Thrombosen. Diese machen mit 7,64 % (Sammelstatistik 8) bzw. 9,7 % (8) der Fälle doch einen erheblichen Anteil der Komplikationen der zentralen Venensondierung in der Literatur aus.

2. Katheterung der V. subclavia/anonyma

Tab. 28 : Komplikationen beim Subclavia-Katheter

	Literatur 77 Autoren (8) n=20451	BURRI und AHNEFELD (8) n=1098	eigene n=71
Punktionsunmöglichkeit	6,18%	27,8%*	5,6%*/5,6%**
Fehllagen	5,96%	9,3%	16,4% (n=67)
Pneumothorax	1,08%	0,82%	4,2%
entz.-ven. Reaktionen	0,12%	0,6%	2,8%
Sepsis	0,49%	0,0%	0,0%
Thrombose	0,34%	1,4%	0,0%
Embolie	0,04%	0,0%	0,0%

*,**: S. Tab. 27 S. 86

Die Punktion der V. subclavia setzt eine gewisse Übung in dieser Technik voraus. In dieser Studie wählten nur zwei in dieser Technik erfahrene Ärzte diesen Zugang.
Aus dieser Tatsache resultiert sicherlich auch die mit 5,6 % gegenüber der Literatur (8) mit 6,18 % und insbesondere gegenüber BURRI und AHNEFELD mit 27,8 % geringere Rate der Punktionsunmöglichkeiten.

Die Zahl der Fehllagen, mit 16,4 % deutlich höher als in den Sammelstatistiken (8) mit 5,96 % oder BURRI und AHNEFELD (8) mit 9,3 %, bedarf einer entsprechenden Korrektur durch exakteres Plazieren des Katheters.

Ähnlich dem Jugularis-interna-Katheter (s.S. 91) scheint der kurze Weg vom Applikationsort zur V. cava superior eher zu einer ungenaueren Positionierung der Sonde beizutragen. Auch hier sollte eine dem Basilica-Katheter entsprechende Sorgfalt beim Abschätzen der intravasalen Katherlänge aufgewendet werden, um die Rate der Fehlpositionierungen zu senken.

4,2 % iatrogener Pneumothoraci im eigenen Patientengut liegen erheblich über den Angaben der Literatur mit 1,08 % (Sammelstatistik 8) und 0,82 % (8). Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß alle iatrogenen Pneumothoraci im eigenen Patientengut unter den erschwerten Punktionsbedingungen der NAW-Katheterung auftraten.
Eine gesicherte Aussage läßt sich aufgrund der geringen Fallzahlen in dieser Studie allerdings nicht treffen.

Die Rate der entzündlich-venösen Reaktionen weicht mit 2,8 % im eigenen Patientengut erheblich von den Werten der Literatur mit 0,12 % (Sammelstatistik 8) bzw. 0,6 % (8) ab.
Eine Ursache für diese Differenz ist darin zu sehen, daß in dieser Arbeit auch die entzündlich veränderten Punk-

tionsstellen und die "unklaren" Temperaturerhöhungen unter den entzündlich-venösen Reaktionen subsumiert wurden. Rechnet man nur die Phlebitiden und Thrombophlebitiden, so finden sich keinerlei entzündlich-venöse Reaktionen bei 71 Subclavia-Katheterungen.

Die starken Abweichungen der Quote der entzündlich-venösen Reaktionen zwischen Subclavia-Katheterungen und Basilica-Katheterungen (2,8 % vs. 13,7 % im eigenen Patientengut) beruht auf der klinisch kaum zu kontrollierenden Lage der V. subclavia.

Das Fehlen von Septikämien und Thrombosen im eigenen Patientengut kann einerseits auf die statistisch sehr geringe Fallzahl, andererseits wie bei den Basilica-Kathetern auf die verbesserten Materialeigenschaften der Katheter zurückgeführt werden.

3. Katheterung der V. jugularis interna

Tab. 29: Komplikationen beim Jugularis-interna-Katheter

	Literatur 17 Autoren (8) n=10013	NESSLER (57,60) n=5997	eigene n=153
Punktionsunmöglichkeit	1,76%	20,0%*	14,4%*/3,3%**
Arterienpunktion	0,51%	2,5%	1,3%
Pneumothorax	0,05%	0,1%	0,0%
Fehllage	0,85%	0,2%	15,8% (n=146)
entz.-ven. Reaktionen	0,01%	---	8,5%
Sepsis	0,01%	---	0,7%
Thrombose	----	2,5%	0,0%

*,**: s.Tab. 27, S.86

Die Differenzen in der Häufigkeit der Fehlpunktionen zwischen eigenen Ergebnissen vs. Literatur (3,3 % vs. 1,76 % (8), 14,4 % vs. 20,0 % (57,60) scheinen nicht gravierend.
Ursache der Abweichungen sind in erster Linie wohl der Erfahrungswert des punktierenden Arztes und eventuell auch der Bewertungsmaßstab.

Die Zahl der Fehllagen, mit 15,8 % um den Faktor 18 höher als bei BURRI und AHNEFELD (8) mit 0,85 %, muß künftig durch exakteres Beachten der Hinweise auf eine korrekte Positionierung gesenkt werden.
Dabei stellt sich die Zahl der Fehlpositionierungen im eigenen Patientengut, wenn man nur die zu lang einliegenden Katheter rechnet, mit 9,6 % als immer noch zu hoch heraus.
Die Ursache ist wohl in der geringeren Sorgfalt beim Beachten der Parameter zur Bestimmung der Sondenlage analog dem Subclavia-Katheter (s.S. 89) zu sehen.

Vergleicht man die Rate der entzündlich-venösen Reaktionen dieser Studie von 8,5 % mit den Ergebnissen der Literatur von 0,01 % (8), so muß berücksichtigt werden, daß in dieser Arbeit auch alle entzündlichen Veränderungen der Punktionsstelle und alle "unklaren" Temperaturerhöhungen als entzündlich-venöse Reaktion gewertet wurden. Eine Rolle spielte ebenfalls der hohe Anteil der Mehrfachkatheterungen.
Reine Phlebitiden und Thrombophlebitiden traten bei den Einzelkathetern nur in 0,01 %, bei allen Kathetern in 0,02 % der Fälle auf.
Diese Zahlen entsprechen wiederum denen der Literatur mit 0,01 % (8) entzündlich-venöser Reaktionen.

Thrombosen fanden sich im eigenen Patientengut keine, bei NESSLER (60) hingegen ohne Angabe eines diagnostischen Kriteriums in 2,5 % der Fälle. Diese Differenz kann wohl nicht auf die verbesserten Materialeigenschaften zurückgeführt werden, da wahrscheinlich bei NESSLER (60) wie in der vorliegenden Untersuchung hauptsächlich der AJ30 als Jugularis-interna-Katheter verwendet wurde.
Als Grund für die Differenz bleibt somit das diagnostische Kriterium, welches in dieser Arbeit der rein klinische Aspekt war, in der Studie von NESSLER (60) allerdings nicht angegeben wurde.

4. Asymptomatische Keimbesiedelung

Einen Überblick über die Keimbesiedelung von Venenkathetern gibt DASCHNER (15). Er fand bei 3031 peripher gelegten Kathetern eine Kontaminationsrate von 17,9 %, bei 433 Subclavia-Kathetern 26,3 %.
Dem steht eine im eigenen Patientengut ermittelte Zahl von 44,7 % asymptomatisch keimbesiedelter Katheter gegenüber.

Ursachen dieser sehr hohen Kontamination und somit verbesserungsbedürftig sind wohl die Desinfektion bei Punktion und die Hygiene beim Verbandswechsel.

VII. Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und daraus resultierende Empfehlungen

In einer prospektiv durchgeführten klinischen Studie wurden 779 zentrale Venenkatheterisierungen bei 604 Patienten untersucht. Folgende Fragen waren dabei von kausalem Interesse: Feststellung der Häufigkeit der Komplikationen des zentralen Venenkatheterismus in Abhängigkeit von der Punktionsindikation, dem Ort der Punktion, der Art des verwendeten Kathetermaterials, der Zahl der Katheter pro Patient und den individuellen Faktoren der Patienten wie Alter, Geschlecht oder Gewicht.

Dabei kam es zu folgenden Ergebnissen:

1. Statistisch gesichert ist die Unabhängigkeit der Fehlpunktionsrate von der Punktionsindikation. Die Abhängigkeit der Fehlpunktionsfrequenz vom Kathetermaterial und von der Punktionsstelle konnte aufgrund verfälschender Einflüsse auf die ermittelten Zahlen nicht exakt überprüft werden.

2. Die Zahl der iatrogenen Pneumothoraci bei der Subclavia-Punktion ist von der Punktionsindikation ("akute" oder "geplante" Indikation) abhängig. Dabei traten alle iatrogenen Pneumothoraci nach Subclavia-Punktion bei akuter Punktionsindikation auf.

3. Fehlpositionierungen der Sonden zeigen zur Punktionsindikation und Punktionsstelle keine positive Korrelation.

4. Asymptomatische Katheterkeimbesiedelungen steigen mit:
   - der Zahl der Katheter pro Patient
   - der intravasalen Verweildauer der Katheter
   - dem Lebensalter der Patienten.

Ebenfalls konnte eine Abhängigkeit der Kontamination der Katheter von der Punktionsindikation, dem verwendeten Material, nicht jedoch vom Geschlecht der Patienten festgestellt werden.

Hinsichtlich der Kontaminationsfrequenz wirken sich "geplante" Indikationen günstiger aus als "akute".

Seitens des Materials ist der nach Seldinger gelegte Cavafix certo als günstigstes, der Alpha J 30 als ungünstigstes Material anzusehen.

5. Entzündlich-venöse Reaktionen steigen mit:
   - der intravasalen Verweildauer der Katheter
   - der Zahl der Katheter in Folge.

   Eine Abhängigkeit der entzündlichen Venenreaktionen von der Punktionsstelle, vom Kathetermaterial und von den individuellen Faktoren der Patienten konnte nicht nachgewiesen werden.

Daraus resultieren folgende Empfehlungen:

- Verwendung eines Cava-fix certo. Bei vermutlich längerer Verweildauer des Katheters sollte der Technik nach Seldinger der Vorzug gegeben werden.
  Bei Punktion aus "akuter" Indikation heraus ist wegen des einfachsten "handlings" der Stericath am geeignetsten.

- Zur Verringerung der Fehllagenquote empfiehlt sich ein genaues Beachten der klinischen und technischen Kautelen der zentralen Venensondierung.

  Sicherheit über die Position des Katheters muß in jedem Fall die Röntgenkontrollaufnahme ergeben.

- Die im Vergleich mit der Literatur sehr hohe Kontaminationsquote der Katheter ist vermutlich auf mangelnde hygienische Verhältnisse zurückzuführen. Nach Bestätigung dieser Vermutung durch eine entsprechende Studie empfiehlt sich eine bessere Desinfektion der Punktionsstelle (z.B. durch Abwaschen des Punktionsgebietes mit zwei sich ergänzenden Desinfektionsmitteln) und möglichst steriles Arbeiten (z.B. Verwendung von sterilen Handschuhen nach chirurgischer Händedesinfektion) bei der Punktion und beim Verbandswechsel.

- Nach Möglichkeit das Legen von Mehrfachkathetern vermeiden.

- Intravasales Belassen des Katheters nur so lange wie nötig.

Speziell bei Applikation des Katheters über die V. basilica empfiehlt es sich, die Vene möglichst außerhalb des direkten Gelenkbereiches zu punktieren, um so ein Abknicken des Katheters bei Armbewegungen des Patienten zu vermeiden. Sollte ein Vorschieben des Katheters in diesem Bereich mit Schwierigkeiten verbunden sein, so kann der Katheter zur Öffnung der Venenklappen mit physiologischer Kochsalzlösung angespritzt und der Arm zur Passagevereinfachung im Schultergelenk abduziert und außenrotiert werden.

Der zentrale Venenkatheter muß sofort entfernt werden, wenn:
- eine entzündliche Reizung der Punktionsstelle auftritt
- ein auf den Katheter zurückzuführender Temperaturanstieg verzeichnet wird
- Zeichen einer Phlebitis, Thrombophlebitis oder Sepsis auftreten
- eine thrombotische Komplikation vermutet wird
- kein Bedarf mehr für den zentralvenösen Zugang besteht.

Auf Stationen, auf welchen viele zentralvenöse Sondierungen erfolgen, wie Wach- oder Intensivstationen, ist eine regelmäßige Überprüfung der Komplikationen des zentralen Venenkatheterismus indiziert. Nur so können spezielle Schwachstellen entdeckt und beseitigt werden.

VIII. Bibliographie

1. BABEAU, P.
PRAS, P.
MERCIER, R.
Epanchements pericardiques compressifs secondaires a une perforation cardiaque par cathéter veineux central
Med. interne 13/6-7 (343-347), 1978

2. BASTIN, R.
RAPIN, M.
KERNBAUM, S.
Etude clinique de l'activite anti-staphylococci de la pristinamycine et de l'oxacilline
Pathol. Biol. (Paris) 30 (6 Pt. 2), Juni 1982

3. BERGHELLA, S.
TEMPO, B.
BERNOCCO, A.
NERI, G.
FIORUCCI, G.
Indicazioni, metodiche e risultati degli esami batteriologici sui cateteri venosi centrali di pazienti degenti in un centro di reanimazione polivalente
Minerva anestesiol. 45/6 (379-386), 1979

4. BLAUFUSS, H.
Der kontaminierte Venenkatheter
Hygiene & Medizin 5 (243-246), 1980

5. BOZZETTI, F.
TERNO, G.
CAMERINI, E.
BATICI, F.
SCARPA, D.
PUPA, A.
Pathogenesis and predictability of central venous catheter sepsis
Surgery 91/4 (383-389), 1982

6. BRAUN, U.
FASSOLT, A.
TESKE, H.-J.
Phlebographische Untersuchungen zur Frage der fremdkörperbedingten Thrombosen beim infraclaviculären Subclaviakatheter
Der Anaesthesist 19 (432-437), 1970

7. BURGOS, R.
ALVAREZ, L.
IGLESIAS, A.
TELLEZ, G.
FIGUERA, D.
Pulmonary infarction as a complication of a central venous pressure catheter: Case report
Int. Surg. 66/4 (353-354), 1981

8. BURRI, C.
AHNEFELD, F.W.
Cava-Katheter
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New-York 1977

9. BURRI, C.
GASSER, D.
Der Vena-cava-Katheter
Anaesthesiology and Resuscitation 54/Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New-York, 1971

10. BURRI, C.
KRISCHAK, G.
Technik und Gefahren des Kava-Katheters
Infusionstherapie 3 (174ff.), 1976

11. CANTWELL, A.R. jr.
KELSO, D.W.
Cutaneous vasculitis associated with Staphylococcus epidermidis
Am. J. Dermathopathol. 4, Aug. 1982

12. CHRISTENSEN, G.D.
Coagulase-negative staphylococci - saprophyte or parasite?
Int. J. Dermatol. 22 (8), Okt. 1983

13. CRIADO, A.
MENA, A.
FIGUEREDO, R.
REIG, E.
AVELLO, F.
Late perforation of superior vena cava and effusion caused by central venous catheter
Anaesth. Intensive Care 9/3 (286-288), 1981

14. CRNOGORAC, A.
ROTHE, K.F.
SCHORER, R.
Herz-Kreislaufstillstand bei Hydrothorax als Narkosekomplikation nach V. subclavia-Katheter
Prakt. Anaesth. 13/5 (449-452), 1978

15. DASCHNER, F.
Bakteriologische Probleme bei Infusionstherapie
Hygiene & Medizin 6 (136-140), 1981

16. DASCHNER, F.
LANGMAAK, H.
AHLBORN, B.
KÜMMEL, A.
Kontamination oder Sepsis
MMW 125, 39 (849 ff.), 1983

17. DEFALQUE, R.J.
CAMPBELL, C.
Cardiac tamponade from central venous catheters
Anesthesiology 50/3 (249-252), 1979

18. DIEM, E.
Hydromediastinum nach Dislokation eines Subclavia-Katheters bei einem schwerverbrannten Kind
Anaesthesist (Berl.) 27/8 (385-387), 1978

19. DINLAY, R.J.
Venous reactions related to in-dwelling plastic cannulae: a prospective clinical trial
Curr. Med. Res. Opin. 3 (607-617), 1976

20. DUNBAR, R.D.
MITCHELL, R.
LAVINE, M.
Aberrant locations of central venous catheters
Lancet 1/8222 (711-715), 1981

21. DUSAN, C.
BOUCHARD, P.
GOUDOT, B.
GROZEL, J.-M.
PERDRIX, J.-P.
BANSSILLON, V.
Analyse bacteriologique des catheters centraux. Dicussion du mechanisme en cause
Anesth. Anal. Rean. 38/7-8 (347-350), 1981

22. EEROLA, R.
EEROLA, M.
SCHARLIN, M.
KAUKINEN, L.
KAUKINEN, S.
Der Vena subclavia-Katheter
Der Anaesthesist Bd. 19 (437-440), 1970

23. ELLIOT, C.G.
ZIMMERMANN, G.A.
CLEMMER, T.P.
Complications of pulmonary artery catheterization in the care of critically ill patients. A prospective study.
Chest 76/6 (647-652), 1980

24. FORSE, R.A.
DIXON, C.
BERNARD, K.
MARTINEZ, L.
McLEAN, A.P.
MEAKINS, J.L.
Staphylococcus epidermidis: An important pathogen.
Surgery 86/3 (507-514), Sept. 1979

25. FORSSMANN, W.
Die Sondierung des rechten Herzens
Klin. Wochenschr. 8/45 (2085f.), 1929

26. GAMAIN, J.
BERTOUX, J.P.
VERMYNCK, J.P.
PIETRI, J.
Embolie de catheter dans une branche d' artere pulmonaire
Anesth. Anal. Rean. 36/1-2 (75-76), 1979

27. GORDON, E.P.
QUAN, S.F.
SCHLOBONM, R.M.
Hydromediastinum after placement of a thermodilution pulmonary arterial catheter
Anesth. Analg. (Cleveland) 52/2 (159-160), 1980

28. GRAZIANO, C.
KAHN, R.C.
GIANCARLO, B.
HOWLAND, W.S.
Unexpected Giant "V" Waves During Pulmonary Artery Catheterization
Intensive Care Med. 5 (55-58), 1979

29. HARTENAUER, U.
Bedeutung und Durchführung ausgewählter pflegerischer Maßnahmen: Infusion und intravasale Katheter
Hygiene & Medizin 7 (189-195), 1982

30. HESS, W.
TARNOW, J.
Ein Verfahren zur gleichzeitigen Plazierung von zwei zentralen Kathetern über eine V. jugularis interna
Anaesthesist 27 (579f.), 1978

31. HILDEBRAND, J.
MIKULIN, H.-D.
Thromboserisiko bei antithrombogenen Venenkathetern
Zbl. Chir. 100 (159-162), 1975

32. HOC, S.
Wann perioperativ Antibiotika einsetzen ?
Selecta 4 (226 ff.), Jan. 1984

33. HORBACH, I.
POHLE, H.D.
HOCHREIN, H.
FEHRENBACH, F.J.
Persistierende Bakteriämie
MMW 125/3 (75-76), 1983

34. HUFNAGEL, H.D.
HÄGE, R.
TIESLER, E.
Bakterielle Befunde an zentralvenösen Kathetern und in kalorischen Infusionslösungen; in: Grundlagen und neue Aspekte der parenteralen und Sondenernähreung (Hrsg.: ECKART/HEUCKENKAMP/WEINHEIMER)
Schriftenreihe Intensivmedizin, Notfallmedizin Anästhesiologie Bd. 13
Georg Thieme Verlag (Stuttgart), 1978

35. Informationsschrift
der Firma sterimed: Alpha-Cavakatheter. Der Sicherheitsfaktor in der Punktion der zentralen Venen, 1983

36. Informationsschrift
der Firma B. Braun Melsungen AG: Cavafix-certo/Certofix: Der zentralvenöse Katheter aus Polyurethan, 1983

37. JACOBSEN, W.K.
SMITH, D.C.
BRIGGS, B.A.
DUNBAR, R.D.
Aberrant catheter placement for total parenteral nutrition
Anesthesiology 50/2 (152-154), 1979

38. JAESCHOCK, R.R.
Herzbeuteltamponade nach Perforation der Vena cava superior durch einen zentralvenösen Katheter
Aktuelle Chirurgie 15/3 (161-168), 1980

39. JANTSCH, H.
LECHNER, G.
MAURITZ, W.
WANECK, R.
Fehllagen und Komplikationen des oberen Cavakatheters
Radiologe 21/10 (463-469), 1981

40. JUST, I.
MEYER, K.
WEVER, K.
KIENZLE, H.F.
Bakterielle Kontamination von Infusionsflüssigkeiten durch Zumischen von Arzneimitteln
Hygiene & Medizin 6 (251ff.), 1981

41. KELLY, T.F. jr.
MORRIS, G.C. jr.
CRAWFORD, E.S.
ESPADA, R.
HOWELL, J.F.
Perforation of the Pulmonary Artery with Swan-Ganz Catheters. Diagnosis and Surgical Management
Ann. Surg. 193/6 (686-692), 1981

42. KÖHLER, E.
Thrombose beim Cava Katheter
Anaesthesiol. u. Reanimat. 1/3 (166-170), 1976

43. KRISCHAK, G.
BURRI, C.
Klinische und physikalische Untersuchungen über die Abhängigkeit vom Material des Cava-Katheters
Langenbecks Arch. Chir. Suppl./Chir. Forum 1974

44. LAWIN, P. (Hrsg.)
HARTENAUER, U. (Hrsg.)
Der intravasale Katheter: Indikationen - Technik - Komplikationen
Symposium in Münster 1978
Schriftenreihe Intensivmedizin, Notfallmedizin, Anästhesiologie Bd. 28
Georg Thieme Verlag (Stuttgart), 1981

45. LOCCI, R.
PETERS, G.
PULVERER, G.
Microbial Colonization of Prosthetic Devices III. Adhesion of Staphylococci to Lumina of Intravenous Catheters Perfused with Bacterial Suspensions
Zbl. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. I. Abt. Orig. B 173, 1981

46. LOERS, F.-J.
Probleme des intravenösen Zugangs - ein neues Besteck für den Kavakatheter über die Vena jugularis interna
Infusionstherapie 3 (34-36), 1976

47. DuMESNIL DE ROCHEMONT, W.
HEYMER, R.
Fehllagen zentraler Venenkatheter
Röntgenblatt 33/9 (435-444), 1980

48. MEYERS, L.
Intravenous catheterisation
Am. J. Nurs. 45 (930f.), 1945

49. MICHEL, L.
MARSH, H.
McMICHAN, J.C.
SOUTHORN, P.A.
BREWER, N.S.
Infection of pulmonary artery catheters in critically ill patients
JAMA 245/10 (1032-1036), 1981

50. MICHENFELDER, J.D.
Central venous catheters in the management of air embolism: Whether as well as where
Anaesthesiologie 55/4 (339-341), 1981

51. MONACO, C.
PAGLIARULO, R.
CRETTO, V.
SAPONARI, A.
STRIPPOLI, P.
La cateterizzazione venosa centrale prolungata in terapia intensiva e rianimazione. Studio sull 'inquinamento batterico e complicanze.
Minerva Anestesiol 48/7-8 (439-446), 1982

52. MÜLLER, K.M.
BLÄSER, B.
Tödliche thromboembolische Komplikation nach zentralem Venenkatheter
Dtsch. Med. Wochenschr. 101 (411-413), 1976

53. MÜLLER, K.M.
BLASCHKE, R.
STEINMAIER, F.
Oberflächenstrukturen von Venenkathetern
Med. Welt 28 (2055-2058), 1977

54. MÜLLER, K.M.
HARTMANN, N.
Herzverletzung durch zentrale Venenkatheter
Dtsch. Med. Wochenschr. 103 (349f.), 1978

55. MÜLLER-WIEFEL, H.
Therapie der arteriellen Verschlußkrankheit. Sonderdruck aus: Mikrozirkulation und Blutrheologie, 2. Gemeinsame Jahrestagung der angiologischen Gesellschaften in Düsseldorf, 26.-29.9.1979
Verlag G. Witzstrock, 1980

56. NESSLER, R.
Die supraclaviculäre Anonymapunktion
Anaesthesist 25 (303-307), 1976

57. NESSLER, R.
Technische Neuerungen: Die Kavakatheterisierung über die Vena jugularis interna
Prakt. Anaesth. 13 (316-323), 1978

58. NESSLER, R.
Das Alpha-System in der Katheterisation der Vena cava superior:
Heft I.: Anatomie, Hinweise zur Punktion, Technik, Fixation

59. s.58.
Heft II.: Indikation, Konzeption und Vorteile der indirekten Methode, Zugangswege, Liegedauer

60. s.58.

Heft III.: Komplikationen, Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen

Firma sterimed, Saarbrücken

61. NESSLER, R.
DEMBERG, H.
NUNEZ, G.

Die Kavakatheterisierung über die Vena anonyma

Sonderdruck Praktische Anaesthesie, Wiederbelebung und Intensivtherapie, 14. Jahrgang, Heft 3 Stuttgart, Juni 1979

62. OPDERBECKE, H.W.
BARDACHZI, E.

Die Verwendung eines "Kava-Katheters" bei langdauernder Infusionsbehandlung

Dtsch. Med. Wochenschr. 86 (203ff.), 1961

63. PAPAPETROPOULOS, M.
PAPPAS, A.
PAPVASILLIOU, J.
LEGAKIS, N.J.

Distribution of coagulase-negative staphylococci in human infection

Journal of Hospital Infection 2 (145-153), 1981

64. PSCHYREMBEL, W.

Klinisches Wörterbuch

253. Aufl., Walter de Gruyter Verlag, Berlin-New York, 1977

65. PUFF, A.

Venenpunktion (plastisch-elastische Morphologie der penetrierten Gewebe)

Dt. Abbott GmbH, Ingelheim/Rhein, 1979

66. PURI, V.K.
CARLSON, R.W.
BANDER, J.J.
WEILL, M.H.

Complications of vascular catheterization in the critically ill. A prospective study

Critical Care Medicine 8/9 (495-499), Sept. 1980

67. SACHS, L.

Angewandte Statistik 5. Aufl.

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New-York, 1978

68. SACHS, L.
Statistische Methoden 7. Aufl.
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972

69. SCHACHNER, S.M.
RAHN, G.
KAMPINE, J.P.
Atrial catheter malfunction an venous air embolism. A clinical report
Anesthesiol. Rev. 8/5 (34-36), 1981

70. SCHLICHTING, K.
Venenkatheter und Verweilkanülen
Verlag Hygieneplan, 1981

71. SCHUMACHER, K.A.
SIGEL, H.
BARGON, G.
Zur Perforation zentraler Venenkatheter: Radiologische Aspekte der Diagnostik und Prophylaxe
Röntgen-Bl. 33/5 (217-220), 1980

72. SESE, A.
TANAKA, J.
UENO, Y.
NAKANO, E.
MATSUI, K.
YASUI, H.
TOKUNAGA, K.
Cardiac tamponade during catheterization in three patients with severe valvular heart disease: emergency pericardiotomy and valve replacement (author's translation)
Nippon Kyobu Geka Gakkai Zasshi 30/2 (263-271), 1982

73. SHAH, P.M.
GAUL, R.
STILLE, W.
Septikämie durch Staphylokokken. Eine klinische Analyse
notamed Verlag GmbH, Bad Homburg

74. SINATRA, A.
GIANNALIA, L.
Complianze settiche, da catetere, in alimentazione parenterale ed in blocco antalgico peridurale continuo. Osservazioni presso un centro di rianimazione polivalente
Minerva Anestesiol. 46/10 (1117-1121), Oct. 1980

75. SITGES-SERRA, A.
PUIG, P.
JAURRIETA, E.
GARAU, J.
ALASTRUE, A.
SITGES-CREUS, A.

Catheter Sepsis Due To Staphylococcus Epidermidis During Parenteral Nutrition

Surgery, Gynecology & Obstetrics 151 (481-483), 1980

76. SPRUNG, C.L.
POZEN, R.G.
ROZANSKI, J.J.
PINERO, J.R.
EISLER, B.R.
CASTELLANOS, A.

Advanced ventricular arrhythmias during bedside pulmonary artery catheterization

Am. J. Med. 72/2 (203-208), 1982

77. STELLPFLUG, H.
HUTH, H.
HARTENAUER, U.

Komplikationen durch Venenkatheterfehllagen zunehmend häufiger

Klinikarzt 12 (400-411), 1983

78. TUOMINEN, M.
VALTONEN, V.V.
NIKKI, P.

The effect of local antiseptic, chlorhexidine, in preventing infection from central venous catheterization. A clinical study

Ann. Clin. Res. 13/6 (425-428), 1981

79. UVAROV, B.S.
SIDORENKO, V.I.

Neuchadi, oshibki i oslozheniia punktsionno'i kateterizatsii podkliuchichno'i veny (obzor literatury)

Vestn. Khir. 125/12 (106-112), Dec. 1980

80. VÉCSEI, V.
EULER, J.
STÖCKELE, G.

Seltene Komplikation beim Anlegen eines oberen Hohlvenenkatheters nach der Seldinger-Methode: Bruch der Spirale

Wiener Klinische Wochenschrift 89 (425f.), 1977

81. WILHELM, R.
ECKERT, M.
GRÜNHAGEN, H.
SEIFERT, W.

Symptomlose bakterielle Besiedelung von venösen Kathetern, ein bisher wenig beachteter Gesichtspunkt

Zbl. Chir. 100 (163ff.), 1975

82. WÖLTJEN, H.H.
RAHL, G.
STOKKE, T.
JUNGE, H.-H.

Klappenschäden des rechten Herzens nach Anwendung von Pulmonalarterienverweilkathetern

Anaesthesist (Berl.) 29/6 (341-345), 1980

83. ZIMMERMANN, B.

Sientific apparatus and laboratory methods: Intravenous tubing for parenteral therapie

Science 101 (567f.), 1945

IX. Anhang: Tabellarium der ermittelten Zahlen mit Berechnung der Signifikanz

Legende:

AJ30	Alpha J 30
and.	andere
cfc	Cava-fix certo
cfc-S	Cava-fix certo nach Seldinger
cfc+S	alle Cava-fix certo
cub.	cubitale Venen (V. basilica)
d	Tag(e)
fem.	V. femoralis
IPS	geplante Punktionsindikation
j.i.	V. jugularis interna
K	Katheter
NAW	akute Punktionsindikation
Pak	Pulmonalarterienkatheter
scl.	V. subclavia
SM-S	passagere Schrittmachersonde(n)
stc	Stericath

mathematische Symbole:

+	Merkmal vorhanden
-	Merkmal nicht vorhanden
r	Zeilensumme
c	Spaltensumme
X^2	Chi-Quadrat
$S_{x/y}$	Signifikanz ist gegeben ($p < 0{,}05 = \alpha$), dabei gilt für x und y erwartete Häufigkeiten: $1 \leq x < 5$ und $y < 1$
$\not\leq$	Signifikanz ist nicht gegeben ($p \geq 0{,}05 = \alpha$)
<	kleiner
>	größer

Übersicht der gefundenen Zahlen:

Einzel-/Mehrfachkatheter IPS
(Einzel-/Mehrfachkatheter NAW)

		n	Fehlpunktionen	Fehlpositionierung: zu lang*	zu kurz	zu lang* und zu kurz	entzündlich-venöse Reaktionen
cub.	stc	211/92	47	28	26	50	32/ 1
		(17/42	13	9	7	16	0/11)
	cfc	42/44	4	5	6	10	2/10
		(1/ 2	0	1	1	2	0/ 2)
	cfc-S	27/20	1	2	1	2	2/ 1
		(3/ 1	0	0	0	0	0/ 0)
	Pak	0/12	1	-	-	-	0/ 5
	SM-S	0/11	1	-	-	-	0/ 7
	and.	0/ 4	0	1	0	1	0/ 0
		(1/ 1	0	0	0	0	0/ 0)
scl.	cfc	46/ 0	2	5	5	10	1/ 0
		(7/ 1	1	0	0	0	0/ 0)
	cfc-S	4/ 0	0	0	0	0	1/ 0
		(1/ 0	0	0	0	0	0/ 0)
	Pak	0/ 3	0	-	-	-	0/ 0
	SM-S	0/ 1	0	-	-	-	0/ 0
	and.	2/ 1	0	0	0	0	0/ 0
		(0/ 5	1	1	0	1	0/ 0)
j.i.	AJ30	90/51	20	14	13	23	11/ 2)
		(0/ 2	0	0	0	0	0/ 0)
	SM-S	0/ 7	1	-	-	-	0/ 0
	and.	2/ 1	1	0	0	0	0/ 0
fem.	Pak	0/23	1	-	-	-	0/ 3
	and.	0/ 1	0	0	0	0	0/ 0
		424/271	79	55	51	96	49/29
		(30/ 54	15	11	8	19	0/13
		779	94	66	59	115	91

*: um die leicht zu korrigierenden Fehllagen im rechten Atrium berichtigt

1. Punktionskomplikationen

1.1. Fehlpunktionen nach:

			+	-	r	+	X^2 -	
1.1.1.	Punktions-	IPS	79	616	695	0,28	0,04	
	indikation	NAW	15	69	84	2,33	0,32	p=0,08
		c	94	685	779	2,98		S
1.1.2.	Material	stc	60	302	362	4,81	0,69	
		cfc	7	136	143	6,62	0,95	
		cfc-S	1	55	56	5,14	0,73	
		AJ30	20	123	143	0,25	0,04	p=0,00
		c	88	616	704	19,22		S
1.1.3.	Punktions-	cub.	67	464	531	0,04	0,01	
	stelle	scl.	4	67	71	2,58	0,36	
		j.i.	22	131	153	0,53	0,07	p=0,16
		c	93	662	755	3,58		S

1.2. Pneumothorax nach:

1.2.1.	Punktions-	IPS	0	57	57	2,41	0,11	
	indikation	NAW	3	11	14	9,81	0,43	p=0,00
		c	3	68	71	12,75		$S_{1/1}$

2. Fehlpositionierung

2.1. Fehllagen "zu lang" nach:

.. .1.	Punktions-	IPS	109	529	638	0,05	0,01	
	indikation	NAW	17	67	84	0,37	0,08	p=0,52
		c	126	596	722	0,51		S
2.1.2.	Punktions-	cub.	46	462	508	0,09	0,01	
	stellen	scl.	6	61	67	0,12	0,01	
	korrigiert*	j.i.	14	132	146	0,13	0,01	p=0,83
	(* s.S. 110)	c	66	655	721	0,38		S

2.2. Fehllagen "zu kurz" nach:

2.2.1.	Punktions-	IPS	51	587	638	0,02	0,00	
	indikation	NAW	8	76	84	0,19	0,02	p=0,64
		c	59	663	722	0,23		S

3. Lagekomplikationen

3.1. Asymptomatische Keimbesiedelung nach:

3.1.1. a)	K zeitgleich	1K	144	227	371	0,78	0,56	
		2K	30	20	50	3,97	2,85	
		3K	4	1	5	1,75	1,25	p=0,00
		c	178	248	426	11,17		$S_{2/0}$
3.1.1. b)	K in Folge	1K	144	227	371	1,17	0,87	
		2K	40	28	68	4,28	3,16	
		3K	6	4	10	0,72	0,53	
		4K	2	1	3	0,41	0,31	p=0,01
		c	192	260	452	11,45		$S_{3/0}$

			+	-	r	+	X^2 -	
3.1.2. Material		stc	119	152	271	0,04	0,03	
		cfc	39	55	94	0,22	0,18	
		cfc-S	9	28	37	3,44	2,79	
		AJ30	58	43	101	3,64	2,94	p=0,00
		c	225	278	503	13,29		S
3.1.3. Intravasaler	a) Verweildauer IPS in d	1-2	33	88	121	6,50	4,78	
		3-4	51	78	129	0,24	0,18	
		5-6	22	36	58	0,27	0,20	
		7-8	29	26	55	1,40	1,03	
		>8	48	21	69	12,05	8,86	p=0,00
		c	183	249	432	35,50		S
3.1.3. Intravasaler	b) Verweildauer NAW in d	1-2	8	16	24	1,55	1,65	
		3-4	8	11	19	0,33	0,35	
		5-6	8	3	11	0,96	1,02	
		7-8	5	1	6	1,17	1,25	
		>8	4	0	4	1,82	1,94	p=0,02
		c	33	31	64	12,03		$S_{4/0}$
3.1.4. Geschlecht		männl.	132	164	296	0,00	0,00	
		weibl.	94	116	210	0,00	0,00	p=0,97
		c	226	280	506	0,00		S
3.1.5. Lebensalter in Jahren		≤40	8	31	39	5,09	4,11	
		41-60	47	101	148	5,52	4,46	
		61-80	137	139	276	1,53	1,23	
		≥81	34	9	43	11,40	9,20	p=0,00
		c	226	280	506	42,53		S
3.1.6. Grunderkrankungen	a) kardiale							
	Myokardinfarkt		74	77	151	0,12	0,11	
	Koronare Herzerkrank.		20	25	45	0,07	0,06	
	Cor hypertonicum		18	20	38	0,00	0,00	
	Cor pulmonale		14	16	30	0,00	0,00	
	Vitium cordis		12	12	24	0,04	0,04	
	Lungenarterienembolie		5	12	17	1,13	1,00	
	Myocarditis		7	4	11	0,64	0,57	
	sonstige		10	14	24	0,15	0,13	p=0,77
		c	160	180	340	4,06		S
3.1.6. Grunderkrankungen	b) extrakardiale							
	Intoxikationen		21	31	52	0,01	0,00	
	hypertensive Krise		9	11	20	0,14	0,09	
	Pneumonie		9	7	16	1,09	0,72	
	Status asthmaticus		3	7	10	0,24	0,16	
	sonstige		24	44	68	0,34	0,23	p=0,56
		c	66	100	166	3,02		S
3.1.6. Grunderkrankungen	c) kardiale		160	180	340	0,00	0,00	
	extrakardiale		66	100	166	0,00	0,00	p=1,00
		c	226	280	506	0,00		S
3.2. Entzündlich-venöse Reaktionen nach								
3.2.1. K zeitgleich	a)	1	49	405	454	0,33	0,04	
		≥2	11	47	58	2,60	0,36	p=0,06
		c	60	452	512	3,32		S

			+	-	r	X^2 +	X^2 -	
3.2.1. K in Folge b)		1	49	405	454	4,61	0,79	
		2	22	53	75	11,03	1,89	
		≥3	9	8	17	17,01	2,92	p=0,00
		c	80	466	546	38,26		S 1/0
3.2.2. Material		stc	44	318	362	0,62	0,07	
		cfc	15	128	143	0,01	0,00	
		cfc-S	4	52	56	0,69	0,08	
		AJ30	13	130	143	0,38	0,05	p=0,59
		c	76	628	704	1,92		ß
3.2.3. Punktions-stellen (Einzel-katheter)		cub.	36	266	302	0,36	0,04	
		scl.	2	58	60	3,09	0,37	
		j.i.	11	81	92	0,12	0,01	p=0,13
		c	49	405	454	4,00		ß
	(alle K)	cub.	73	458	531	1,94	0,26	
		scl.	2	69	71	4,78	0,63	
		j.i.	13	140	153	1,33	0,18	
		fem.	3	21	24	0,01	0,00	p=0,03
		c	91	688	779	9,12		S 1/0
3.2.4. Intravasale Verweildauer IPS in d a)		1-2	15	178	193	2,05	0,26	
		3-4	17	183	200	1,32	0,17	
		5-6	14	92	106	0,37	0,05	
		7-8	14	77	91	1,40	0,18	
		>8	18	87	105	3,28	0,41	p=0,049
		c	78	617	695	9,49		S
3.2.4. Intravasale Verweildauer NAW in d b)		1-2	2	26	28	1,26	0,23	
		3-4	3	23	26	0,26	0,05	
		5-6	3	12	15	0,20	0,04	
		7-8	3	6	9	1,85	0,34	
		>8	2	4	6	1,24	0,23	p=0,22
		c	13	71	84	5,96		ß
3.2.5. Geschlecht		männl.	51	403	454	0,08	0,01	
		weibl.	40	285	325	0,11	0,01	p=0,65
		c	91	688	779	0,21		ß
3.2.6. Lebensalter in Jahren		≤40	4	44	48	0,46	0,06	
		41-60	31	256	287	0,19	0,03	
		61-80	46	332	378	0,08	0,01	
		≥81	10	56	66	0,68	0,09	p=0,66
		c	91	688	779	1,59		ß
3.2.7. Gewicht		norm.	27	184	211	0,00	0,00	
		>norm.	24	168	192	0,00	0,00	p=0,93
		c	51	352	403	0,00		ß
3.5. Katheterblockierung nach:								
3.5.1. Material		stc	10	352	362	0,15	0,00	
		cfc+S	4	195	199	0,79	0,03	
		AJ30	8	135	143	2,79	0,09	p=0,14
		c	22	682	704	3,85		ß

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt in erster Linie Herrn Prof. Dr. med. H.-U. Lehmann, vormals OA der III. Med. Klinik des Rudolf-Virchow-Krankenhauses, für die freundliche Überlassung des Themas und für seine Unterstützung mit Rat und Tat während jeder Phase der Entstehung dieser Arbeit.

Ebenfalls danke ich allen Ärzten und dem Pflegepersonal der Intensivpflegestation, die nahezu ein Jahr lang geduldig auf meine Wünsche Rücksicht nahmen.

LEBENSLAUF

Am 30. April 1955 wurde ich als drittes von drei Kindern des Bankkaufmannes i.R. Hans Johann Christof Wechsel und seiner Ehefrau Editha-Maria Wechsel, geb. Eckert, in Hamburg geboren.

Nach der Übersiedelung nach Berlin im Jahre 1962 besuchte ich die Nord-Grundschule, anschließend die Schadow-Oberschule (Gymnasium) und die Rheingau-Oberschule (Gymnasium). Nach Wahl des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges bestand ich am 6. Dez. 1974 mein Abitur.

Am 20. Mai 1975 begann ich bei der Sparkasse der Stadt Berlin West eine Ausbildung zum Bankkaufmann, die ich am 7. Sept. 1977 erfolgreich beendete. Im Anschluß war ich bis zum 30. April 1979 bei demselben Kreditinstitut als Schalterangestellter, zuletzt im Wertpapiergeschäft, tätig.

Am 23. April 1979 nahm ich das Humanmedizinstudium an den Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin auf. Nach Ablegen der Examina (Ärztliche Vorprüfung im Aug. 81, I. Abschnitt der ärztlichen Prüfung im Sept. 82, II. Abschnitt im April 84 und III. Abschnitt im Juni 85) erfolgte im Juni 1985 meine Approbation zum Arzt.

Seit 1971 bin ich ehrenamtlich als Helfer im Malteser-Hilfsdienst e.V. Berlin tätig, insbesondere in den Bereichen Krankentransport, Sanitätsdienst und Schwesternhelferinnenausbildung.